



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA DRŽÁKU THE HOLDER MANUFACTURING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR ISAKIDIS

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. KAMIL PODANÝ, PH.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Isakidis

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba držáku

v anglickém jazyce:

The holder manufacturing

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby držáku SPZ a blinkrů na motocykl z ocelového plechu. Součástka je obecného tvaru s několika otvory a bude vyráběna technologií stříhání. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Provedení aktuální literární studie se zaměřením na technologii stříhání spolu se zhodnocením výroby součástí obdobných tvarů. Následovat bude návrh vhodné technologie a vypracování postupu výroby součásti (provedení technologických a kontrolních výpočtů), návrh sestavy nástroje spolu s výrobními výkresy zadaných dílů, technicko-ekonomické hodnocení a závěr.

Seznam odborné literatury:

1. NOVOTNÝ, J., LANGER, Z. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13-B3-IV- 41/22674.
2. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno: Rekrorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. Edit.. ISBN 80-214-0294-6.
3. DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
4. ROMANOVSKIJ, Viktor Petrovič. Příručka pro lisování za studena. 2. vyd. Praha: SNTL, 1959. 540 s. DT 621.986.
5. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
6. VYSKOČIL, O., BARTOŠ, P. Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání. 1. vyd. Brno: Zbrojovka Brno, 1977. 88 s.
7. MARCINIAK, Zdzislaw. Teorie tváření plechů. Věslav Jandura. 1. vyd. Praha: SNTL, 1964. 260 s. DT 621.777.001.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 4.11.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

ISAKIDIS Petr: Výroba držáku

Cílem této práce je návrh vhodné technologie pro výrobu držáku SPZ a blinkrů na motocykl z tenkého ocelového plechu. Výrobní série je 600 000 kusů. Pro výrobu je zvolen materiál 11 321.1 ve formě svitku plechu. Součástí práce je přehled teorie k dané problematice tváření, návrh řešení včetně technologických výpočtů a výběr vhodné varianty. Konstrukční návrh postupového stříhadla je vypracován pomocí modelovacího programu CATIA V5, který byl i vhodnou pomůckou při technologických výpočtech.

Klíčová slova: stříhání, nástroj, držák, ocelový plech

ABSTRACT

ISAKIDIS Petr: A production of a holder

The aim of the thesis is to propose a suitable technology for a production of a licence plate holder and motorcycle trafficators, which are from the thin metal plate. Production series is 600 000 items. The chosen material is 11 321.1 in form of the roll of steel. The thesis comprises of the theory of the topic of shaping, the proposal of an engineering solution including technology concept of calculations and choosing of a suitable option. The structural design of a procedural cutting machine is created by a modeling program CATIA V5, which was also a suitable instrument for technological calculations.

Key words: cutting, tool, holder, steel plate

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ISAKIDIS, Petr. *Výroba držáku*. [s.l.], 2009. 41 s. Bakalářská práce, CD. FSI VUT v Brně Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný. Ph.D, Dostupný z WWW: <ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace>.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Dolanech dne 24.5.2009

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Úvodem chci poděkovat své ženě Zdeňce Isakidisové za obrovskou podporu a pomoc. Dále děkuji vedoucímu své bakalářské práce ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

	Str.
1 ÚVOD.....	8
2 ROZBOR TVARU SOUČÁSTI	9
2.1 Možné způsoby výroby.....	10
3 STŘÍHÁNÍ.....	11
3.1 Technologické parametry.....	13
3.1.1 Nástřihový plán.....	13
3.1.2 Střížná vůle.....	14
3.1.3 Technologičnost výroby součástí.....	14
3.1.4 Kvalita střížné plochy.....	15
3.2 Střížná síla.....	16
3.3 Střížná práce.....	16
3.4 Nástroje pro stříhání.....	17
3.4.1 Střížníky.....	19
3.4.2 Střížnice.....	21
3.4.3 Vodící lišty.....	22
3.4.4 Hledáčky.....	22
3.6 Stroje pro stříhání.....	23
3.6.1 Mechanické lisy.....	23
3.6.2 Hydraulické lisy.....	24
4 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE.....	26
4.1 Volba materiálu.....	26
4.2 Nástřihový plán.....	26
4.2.1 Stanovení přepážek a okrajů.....	26
4.2.2 Spotřeba materiálu.....	28
4.2.3 Ekonomické využití plechu.....	28
4.2.4 Návrh postupu stříhání.....	29
4.3 Výpočet parametrů potřebných pro konstrukci a výrobu.....	30
4.3.1 Výpočet střížných hran.....	30
4.3.2 Výpočet střížné síly.....	30
4.3.3 Kontrola střížníků na vzpěr.....	31
4.3.4 Kontrola střížníků na otlačení.....	31
4.3.5 Výpočet práce.....	32
4.3.6 Výpočet střížné vůle.....	32
4.3.7 Určení těžiště střížných sil.....	32
4.4 Návrh stroje.....	35
4.5 Návrh sestavy stříhadla.....	35
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	36
5.1 Technické zhodnocení.....	36
5.2 Ekonomické zhodnocení.....	36
5.2.1 Vstupní hodnoty.....	36
5.2.2 Náklady na materiál.....	37
5.2.3 Náklady na nástroj.....	37

5.2.4 Náklady na výrobu držáku.....	38
-------------------------------------	----

6 ZÁVĚR.....	39
---------------------	-----------

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

1. ÚVOD

V současnosti se vyvíjí neustále nové a nové technologie ve všech odvětvích průmyslu a celého hospodářství. Ve strojírenství existuje mnoho technologií, které slouží k výrobě, zpracování a přetvoření vstupního materiálu v hotový výrobek např. obrábění, tváření, svařování apod.

Při realizaci jakéhokoliv projektu se z důvodu konkurenceschopnosti snižují náklady na jeho výrobu a požadavkem výrobce je mít kvalitní výrobek, ale za co možná nejnižších nákladů. Nejrozšířenější operací tváření pro výrobu a zpracování výrobků z tenkých plechů je stříhání.

Technologie stříhání se používá buď pro přípravu polotovarů určených pro zpracování dalšími technologiemi jako je např. ohýbání, protlačování, tažení apod. nebo při vystřihování součástek z plechu pro konečné použití. Dále se technologie stříhání používá na dokončovací anebo pomocné operace. Kromě klasického stříhání existují i další operace: děrování, vystřihování, ostřihování, přistřihování, atd.

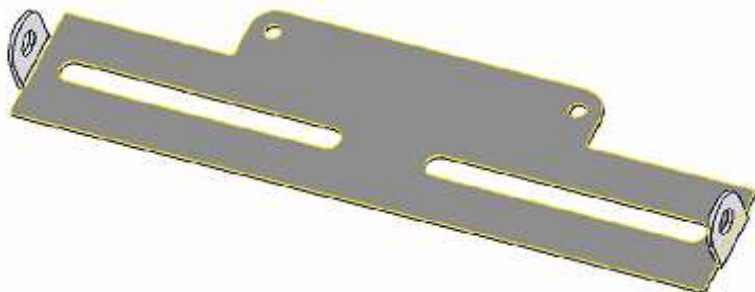
Cílem této práce je výběr vhodné technologie výroby zadané součásti, kterou je v tomto případě „držák blinkrů motocyklu“ z tenkého ocelového plechu.

V součásti bude použita i technologie ohýbání, ale teoretický rozbor bude zaměřením směřován na technologii stříhání, která bude prozkoumána.



Obr.1.1 Součásti vyráběné stříháním [6]

2. ROZBOR TVARU SOUČÁSTI



Obr. 2.1 Výrobek

Součást bude zhotovena z ocelového plechu o tloušťce 1,5mm. Pro výrobu byl zvolen materiál 11 321.1. Jedná se o ocel nelegovanou, jakostní, vhodnou k tváření (válcování) za studena a k středně hlubokému tažení. Doplňková číslice za označením materiálu znamená, že materiál je normalizačně žhán. Je to jeden ze způsobů žhánění, při nichž dochází k rekrytalizaci, pak následuje ochlazování na vzduchu, výsledkem je poměrně jemnozrnná struktura s vyšší pevností a houževnatostí.

Výrobek bude sloužit jako držák blinkru a registrační značky na motocykl. Pro výrobu je použita technologie postupového stříhání a ohýbání. Finální podoby dosáhne součást konečnou povrchovou úpravou – nástřikem barvy apod.

Tab.1 Chemické složení materiálu [14]

Označení			Chemické složení			
Evropa		ČR	C% max	Mn% max	P% max	S% max
EN 10130/1998 (dřív.značení)	Staré značení DIN 1623					
DC01(FeP01)	St 12	11 321.1	0,12	0,60	0,045	0,045

Tab.2 Mechanické vlastnosti materiálu

Označení			Mechanické vlastnosti		
Evropa		ČR	Max.mez kluzu (MPa) ReH:	Pevnost v tahu (MPa) Rm:	Tažnost A 80 min.
EN 10130/1998 (dřív.značení)	Staré značení DIN 1623				
DC01(FeP01)	St 12	11 321.1	280	270-410	28

2.1 Možné způsoby výroby [1]

Na trhu je velké množství různých technologií, které lze použít pro tvarování výrobku. Není kolikrát jednoduché se v těchto metodách orientovat, natož pak vybrat tu správnou a nejvhodnější. Proto nutnou podmínkou pro technologa je mít přehled o dostupných technologiích na trhu a hlavně umět se v nich orientovat.

Jednou z alternativ řešení výrobní technologie pro zadanou součást je prosté stříhání na postupovém stříhadle, kdy pro zadaný konečný výrobek se zvolí nejvhodnější uspořádání výrobku v pásu plechu. Poté se spočítá využití materiálu, které je důležité z ekonomického hlediska. Následují technologické výpočty a návrh vhodného stříhadla. Výpočet stříhacích sil a práce je důležitým kritériem pro volbu vhodného lisu.

Další alternativou výroby dílce je takzvaná technologie přesného vystřihování. Tato technologie má tu přednost, že kvalita střížné plochy vykazuje maximální přesnost a sníženou drsnost. Tento typ je vhodné použít pro vystřihování plechů do tloušťky 3 mm. Je to technologie vystřihování např.se zaoblenými střížnými hranami či se zkoseným přidržovačem.

Pro výrobu zadané součásti je možné použít i tzv.sloučená stříhadla. Tyto slouží k výrobě přesných výstřížků s vysokou kvalitou střížných ploch a s malými ostřinami, orientovanými k jedné straně. Mohou stříhat kovové i nekovové materiály. Jsou výhodné i pro velmi tenké fólie. Přesnost výroby nástroje vyžaduje větší pracnost, a tím také větší náklady. Proto se používají jen pro výstřížky, které nelze stříhat postupovými stříhadly.

Je vhodné, používat i moderní způsoby pro výrobu součástí. Jednou z nich je vysekávací lis. Vysekávání pomocí CNC vysekávacích lisů je technologie určena k děrování a prorážení zadaných otvorů a tvarů za pomoci speciálních nástrojů. Vysekávací stroje jsou uzpůsobeny vysokým nárokům trhu. Jejich inovativní řešení a jedinečné koncepty zajišťují krátkou dobu zpracování a nejvyšší kvalitu výrobku.

Do způsobů moderní technologie výroby tváření se řadí i další způsoby, z nichž v dnešní době jedny z nejrozšířenějších jsou řezání, vypalování a děrování laserem, nebo takzvaným vodním paprskem. Jsou to pokrokové technologie, které nám zajišťují velice přesné výrobky a krátké výrobní časy a to vše za pomoci číslicově řízených strojů. Nedílnou součástí celého procesu tvorba programu pro daný výrobek v různých softwarech. Nevýhodou těchto technologií jsou velké pořizovací náklady nejen na pořízení stroje, ale také na zaškolení kvalifikované obsluhy, bez které se tyto stroje neobejdou.

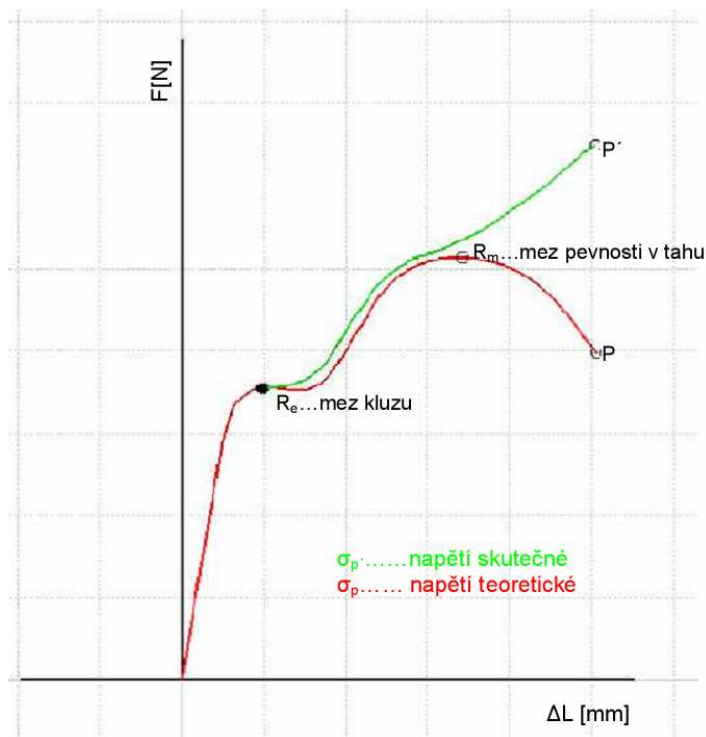
3. STŘÍHÁNÍ [4], [2], [13]

Dělení kovů operací, která je zakončena porušením – lomem v ohnisku plastické deformace, je nazýváno stříháním. Plastické přetvoření je sice průvodním, ale zároveň nežádoucím jevem. Kovové materiály se oddělují postupně nebo současně podél křivky stříhu, vytvořené relativním pohybem dvou břitů, které vyvolávají nutné smykové napětí. Jedná se o plošné tváření materiálu za použití speciálních nástrojů a strojů, které jsou pro tuto technologii určeny. Hotový výrobek, který je vytvořen stříháním se nazývá výstřížek, popřípadě výlisek. Je zřejmé, že při této technologii je vyžadováno porušení součásti. V tahovém diagramu musíme tedy přesně určit bod P a P'.

Stříhání a děrování ve střížných nástrojích začíná dosednutím střížníku na střížný plech a končí oddělením materiálu. Celý průběh se rozděluje do tří základních fází.

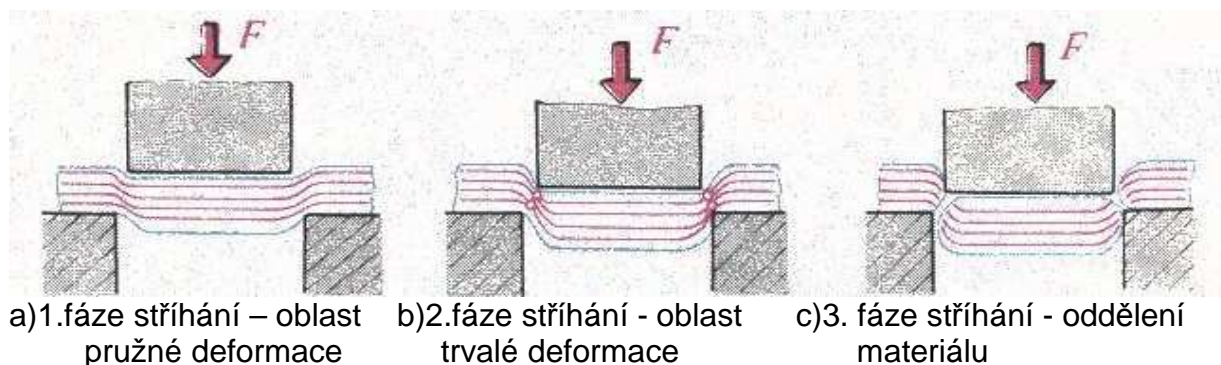
V první fázi (obr.3.2a) stříhání tlačí střížník na plech a vyvolává napětí v tvářeném kovu, které je menší než mez pružnosti. Proto dochází jen k pružné deformaci. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu závisí hlavně na jeho mechanických vlastnostech. Bývá 5 až 8% jeho tloušťky. Vznikem silových dvojic v rovinách kolmých ke střížným plochám se materiál mezi střížníkem a střížnicí ohýbá. Při tom vzniká na stříhaném materiálu zaoblení – na straně střížníku vtažením a na straně střížnice vytlačením materiálu.

V druhé fázi (obr.3.2b) vznikne ve stříhaném materiálu napětí větší než je jeho mez kluzu. Při tom dochází k trvalé deformaci tohoto materiálu. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu je závislá na jeho mechanických vlastnostech a pohybuje se mezi 10 až 25% jeho tloušťky. Na konci této fáze dosahuje napětí v materiálu hodnoty pevnosti ve stříhu.

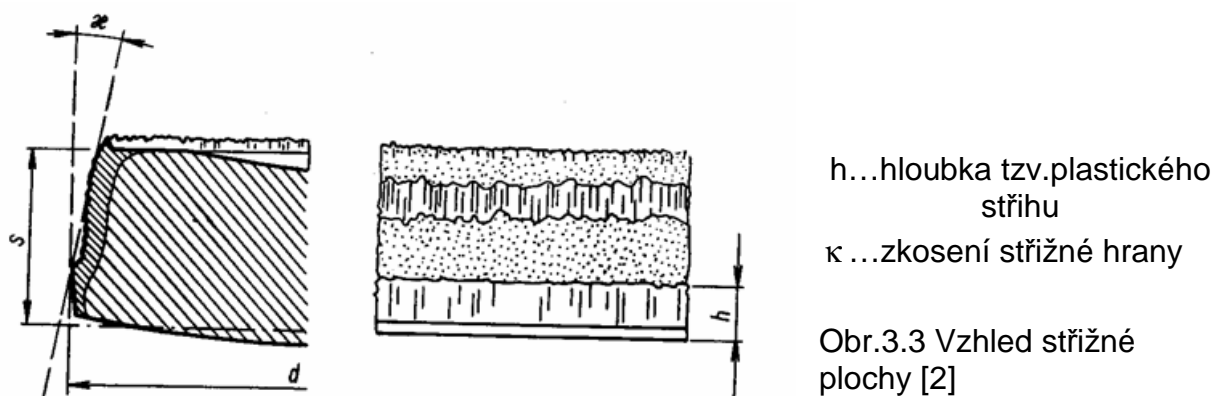


Ve třetí fázi (obr.3.2c) je materiál namáhán nad mez pevnosti ve stříhu. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu je 10 až 60% jeho tloušťky: Závisí na velikosti střížné mezery a druhu materiálu. Nejprve vzniknou mikroskopické a potom makroskopické trhliny v materiálu u hran střížníku a střížnice. Trhliny se rychle prodlužují až nastane oddělení výstřížku od výchozího materiálu. Rychlost postupu trhlín je závislá na vlastnostech stříhaného materiálu a průběh na velikosti střížné mezery. Tvrdý a křehký materiál se oddělí téměř okamžitě, měkký a houževnatý poměrně pomalu.

Obr.3.1 Napěťová charakteristika při stříhání materiálu [4]



Obr.3.2 Tři fáze stříhání [4]



Podle provedení operace (zhotovení výstřížku) rozlišuje norma ČSN 22 6001:

- **prosté stříhání** - dělení materiálů např.pásů, tabulí, tyčí, nůžkami nebo stříhadlem.
- **děrování** - vytváření děr různých tvarů, kde část vystřižená děrovačkou tvoří odpad.
- **vystřihování** - buď se za použití stříhadla výstřížek různého tvaru zhotovuje oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu (vystřižená část tvoří výstřížek), anebo oddělováním částí v okraji materiálu (vystřižená část tvoří odpad).
- **ostřihování** - oddělování přebytečného materiálu stříhadlem z výtažků, protlačků, výstřížků, výkovků apod.
- **přistřihování** - slouží k dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch stříhadlem.
- **nastřihování** - částečné nastřihnutí materiálu stříhadlem v okraji tak, že není materiál úplně oddělen.
- **prostřihování** - částečné nastřihnutí materiálu stříhadlem v libovolném tvaru uvnitř výstřížku.
- **protrhávání** - protržení materiálu pro vytváření hrotů, děr a výstupků.

3.1 Technologické parametry [4]

Polotovary, z kterého se díl vyrábí by měl mít vhodný rozměr a tvar, tak aby bylo možné zhotovit díl při malých nákladech, jednoduchými nástroji a v co nejkratší možné době. Přitom musí být dodrženy veškeré technické a provozní požadavky.

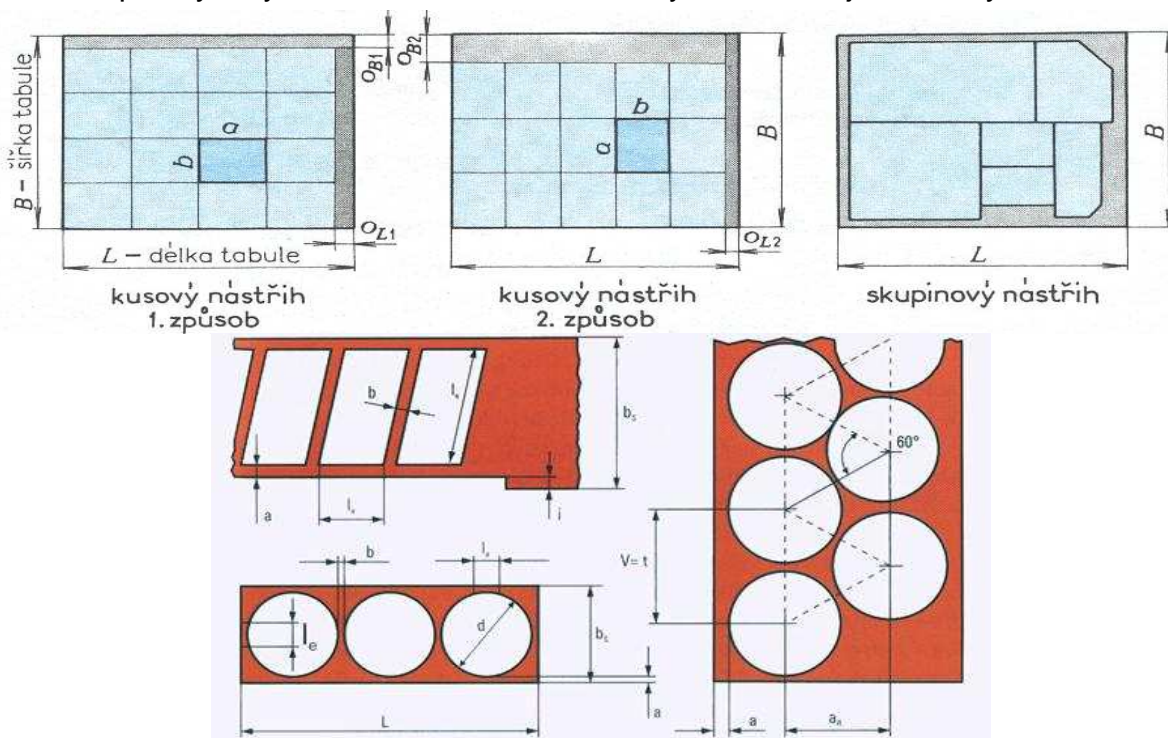
Stříháním se zpracovávají materiály, které jsou rozdílné kvality, avšak musí vyhovovat funkčním a technologickým požadavkům součástí. Pokud jsou materiály dobře zpracovatelné, vyžadují dostatečnou pevnost a tažnost. Samozřejmostí je také stříhání materiálu, které jsou již tepelně zpracované s vysokou pevností 1000 – 1200 MPa.

Nejkvalitnější střížnou plochu mají materiály polotvrdé, zvláště pokud je větší tloušťka plechu. Tyto materiály jsou méně citlivé na otupení, stejně tak i náchylnost tvorby otřepů a pásma zpevnění na střížné ploše je menší.

3.1.1 Nástřihový plán [4]

Při stříhání je velmi důležité výstřížky rozmístit na pásu plechu tak, aby odpad byl co nejmenší. Rozmístění výstřížků na pásu plechu je potom označováno jako nástřihový plán. Odpad (ať už technologický nebo konstrukční) je nedílnou součástí technologie stříhání, která patří mezi hromadné výrobní procesy, proto se musí rozmístění výrobků věnovat velká pozornost. Vždyť materiál tvoří zhruba 60 až 75 % celkových nákladů. Volba nástřihového plánu závisí na tvaru a konstrukci výrobku, na dodržování zásad konstrukce, na minimálních vzdálenostech mezi výrobky a od okraje pásu.

Nástřihový plán může být buď kusový, kdy se určuje nejvýhodnější způsob stříhání nebo skupinový, kdy se budou stříhat různé tvary a součásti jednoho výrobku.



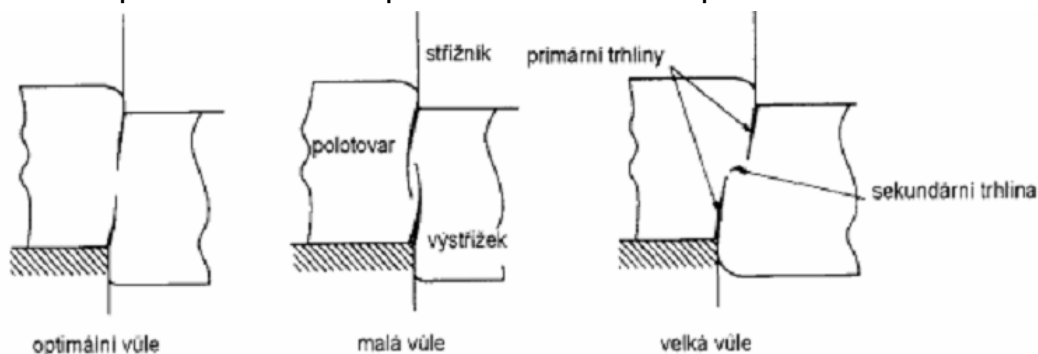
Obr. 3.4 Příklady nástřihových plánů [4]

Další příklady nástřihových plánů jsou uvedeny v příloze 3.

3.1.2 Střížná vůle [4]

Při normální střížné vůli se nástřihy od střížných hran obou střížných prvků setkají a vytvoří ve stříhaném průřezu jednu plochu bez ostřin. Při malé nebo velké střížné vůli se nástřihy nesetkají a vytvoří nerovný povrch v ploše stříhu.

Při malé střížné vůli je materiál mezi střížnými hranami deformován a znovu stříhán. K úplnému oddělení plechu musí střížník proniknout až ke střížnici.



Obr. 3.5 Střížná vůle [3]

Stanovení velikosti střížné vůle dle ČSN 22 6015:

$$m = \frac{v}{2} = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (1)$$

kde:

- v..... střížná vůle [mm]
- m..... střížná mezera [mm]
- c..... koeficient závislý na druhu stříhání
(pro přesné stříhání.....0,006) [-]
- s..... tloušťka materiálu [mm]
- τ_s střížný odpor $0,8 \cdot R_m$ [MPa]
- R_mmez pevnosti v tahu [MPa]

3.1.3 Technologičnost výroby součástí [1]

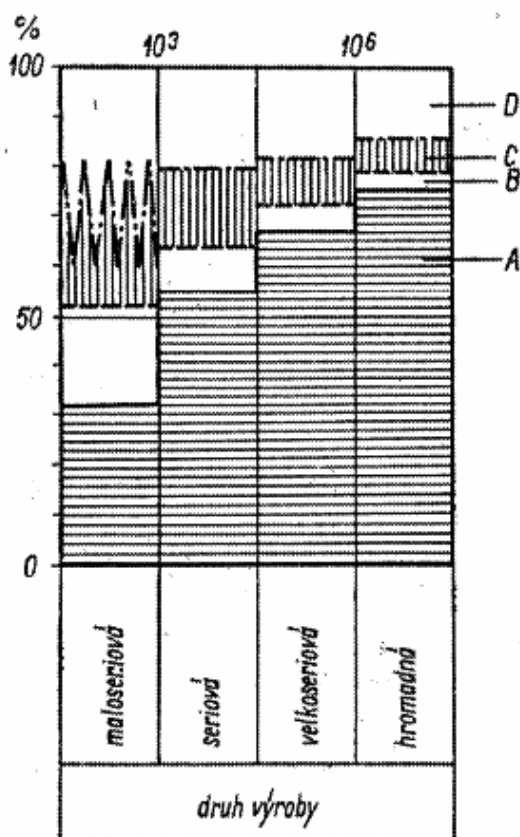
Technologičností výroby výstřížků se rozumí takový soubor prvků, které zaručují nejvhodnější výrobu při daném stupni sériovosti při dodržení nejjednodušší konstrukce a všech provozních požadavků kladených na součást.

Hlavní ukazatele technologičnosti výroby:

- nejmenší počet operací, především těch, které jsou pracné
- nejmenší množství potřebných strojů a výrobních ploch
- nejnižší pořizovací náklady na nářadí a krátkou průběžnou dobu jejich výroby
- dostatečná životnost nářadí
- vysoká produktivita práce
- nízká kvalifikace pracovníků

Polotovár, ze kterého se díl vyrábí by měl mít vhodný rozměr a tvar, tak aby bylo možné zhotovit díl při malých nákladech, jednoduchými nástroji a v co nejkratší možné době. Přitom musí být dodrženy veškeré technické a provozní požadavky.

Úspora materiálu při stříhání patří mezi základní hlediska technologičnosti výroby. Pokud se vyrábí malý počet dílů, tak není hledisko spotřeby materiálu tak velkým hlediskem, jako u velkosériové a hromadné výroby. Obr.3.6 znázorňuje podíl jednotlivých složek, které jsou nutné ke kalkulaci cen za výrobek.



Nejlépe využití plechu jako výchozího materiálu je forma svitků. Oproti tabulím je procento snížení nákladu až 6%, ale ne všechny lisovny jsou vybaveny tak, aby mohly zpracovávat svitky. Šířka výchozího plechu se obvykle volí co nejužší, ale jen do takového rozměru, aby byl zajištěn dokonalý výstřižek. Šířka pásu je dána charakterem jeho umístění. Například pro operaci děrování jsou hodnoty odpadů uvedeny v příloze 4.

A – materiál; B – mzdy; C – náklady na nástroje; D – ostatní režie

Obr. 3.6 Složení výrobních nákladů na výlisek [7]

3.1.4 Kvalita střížné plochy [1], [4]

Důležitým kritériem, které ovlivňuje přesnost výrobku a jeho tolerance je stanovení střížné vůle a toleranci střížných nástrojů.

Výrobky mohou být požadovány v následujících třídách přesnosti:

- nižší přesnost IT 14, IT 15, IT 16
- střední přesnost IT 11, IT 12
- zvýšená přesnost IT 6, IT 8, IT 9

Tab.3.2 Přiřazení přesností nástroje a výrobku

Základní tolerance IT vystřihovaného výrobku	8 až 9	10	11	12	13	14	15
Základní tolerance IT střížníku a střížnice	5 až 6	6 až 7	7 až 8	8 až 9	10	11	12

Jakost střížné plochy a velikost střížné síly a s tím související opotřebení nástroje jsou hlavní hlediska, která mají vliv na volbu vůle mezi střížnými nástroji (viz. obr. 3.5.)

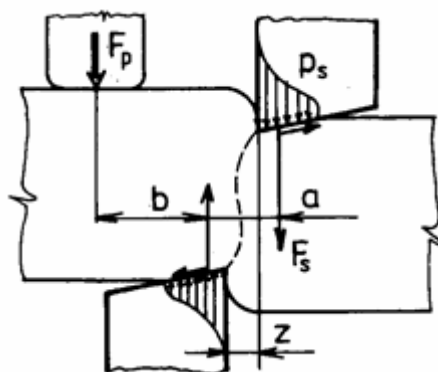
Proces stříhání je velmi progresivní způsob zpracování kovů. Řídí se však některými zákonitostmi a nedostatky, které je třeba respektovat:

- drsnost střížné plochy, daná průběhem deformace a jakostí materiálu
- zkosení střížné plochy vlivem střížné vůle
- zaoblení a zeslabení tloušťky výstřížku podél střížné plochy
- zpevnění střížné plochy do určité hloubky
- prohnutí některých výstřížků ohybovým momentem obou složek střížné síly

Tyto nedostatky se dají eliminovat použitím rozličných druhů technologií stříhání (přistřihování, přesné vystřihování, prostřihování, nastřihování aj.) nebo použitím některých přídatných operací (např. kalibrováním), ovšem za cenu zvýšení výrobních nákladů (nástroj, výrobek).

3.2 Střížná síla [2]

Střížná síla F_s je zapotřebí k vystřížení výrobku z pásu plechu. Dle obr.2.4 je zřejmé, že dvojice sil, které působí na rameni „a“ vytváří moment těchto sil, který je eliminován silou F_p na rameni „b“. Bez této síly tzv. přidržovací může dojít ke vtažení plechu mezi střížné nože.



Obr.3.7 Rozbor sil při stříhání [2]

Stanovení velikosti střížné síly F_s – obecný vzorec

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s \quad [N] \quad (2)$$

kde :

F_sstřížná síla [N]

$n = 1,2 \div 1,5$ součinitel otupení (obvykle se volí 1,3) [-]

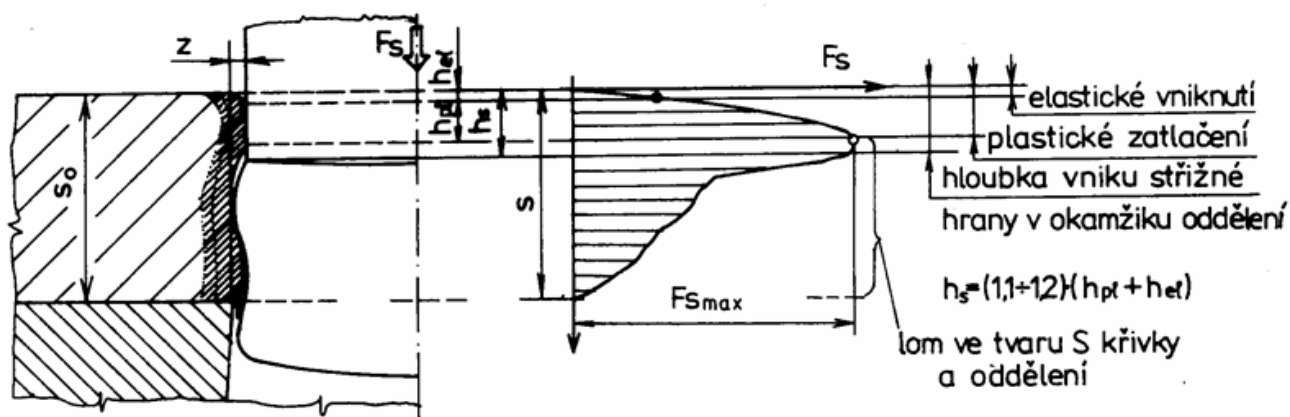
Splocha stříhu [mm²]

ldélka stříhu [mm]

Většina literárních podkladů uvádí, že pevnost ve stříhu je $\tau_s = 0,8R_m$ a je zároveň deformačním odporem ve stříhu a zahrnuje vliv mechanických vlastností stříhaného materiálu a tvaru střížné plochy. Střížné odpory některých ocelí a neželezných kovů jsou uvedeny v příloze I.

3.3 Střížná práce [1]

Střížná práce je práce, kterou je třeba dodat k vystřížení výrobku. Je přímo úměrná střížné síle a hloubce vtažení střížníku do materiálu. Na obrázku s průběhem střížné síly je vidět, že velikost střížné práce je ohraničena čarou střížné síly a drahou střížníku.



Obr.3.8 Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly [2]

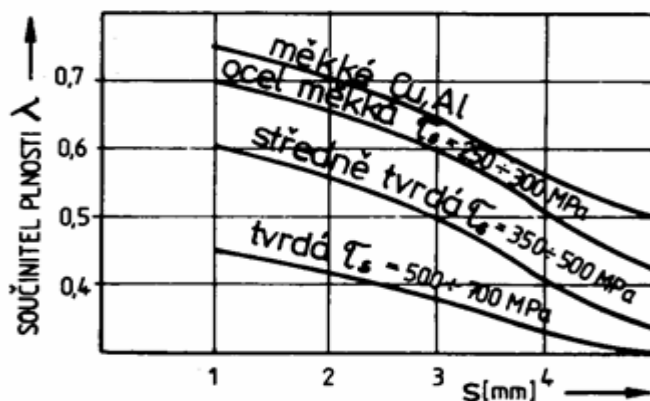
Velikost střížné práce je podle níže uvedeného vzorce

$$A = \lambda \cdot F_{smax} \cdot s \quad [J] \quad (3)$$

kde:

A.....střížná práce [J]

λsoučinitel plnosti [-]



Obr.3.9 Graf ke stanovení součinitele plnosti diagramu [2]

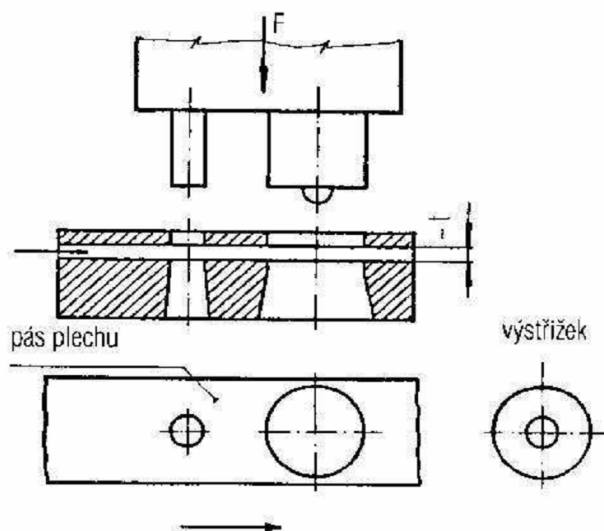
Dle výše uvedeného grafu obr.3.9 lze určit součinitel plnosti diagramu, který je potřebný pro výpočet velikosti práce.

3.4 Nástroje pro stříhání

Nástroje, které se používají pro stříhání se nazývají střížné nástroje. Podle konstrukce nástroje se dá rozpoznat, který materiál se stříhá popřípadě jeho tloušťka apod. Střížné nástroje se dají rozdělit na dvě základní skupiny:

- jednoduché (výrobek je zhotoven na jeden zdvih - z plechu se vystřihne např. jen obdélník)
- postupové (výrobek je zhotoven v několika krocích)

Postupové střížné nástroje jsou nejčastěji používány, protože ve většině případů mají součásti složitější tvar.



Obr.3.10 Schéma postupového stříhadla [9]



Obr.3.10 Jednoduché a postupové stříhadlo s příkladem použití [10]

Pro zhotovení plně funkčního postupového střížného nástroje je potřeba zhotovit několik součástí:

- **střížníky**
- **střížnice**
- **desky** (kotevní, základové, opěrné, upínací....)
- **vodící lišty**
- **vodící pouzdra** - jsou součástí stojánku a mají funkci vedení vodících čepů, které musí být vedeny velmi přesně, protože jsou svázány se všemi funkčními rozměry. Jsou vyráběny např. z oceli 14 220. Vodící pouzdra je nutné pravidelně mazat z důvodu zvýšení životnosti nástroje a snížení tření.
- **vodící čepy** - mají za úkol co nejpřesněji vést horní část nástroje k dolní.
- **upínací stopky** - jsou to prvky, jimiž je celý střížný nástroj spojen s lisem.
- **doraz** - slouží při posouvání plechů při jednotlivých krocích.
V malosériové výrobě se jako doraz nejčastěji používá kolíku zabudovaného ve střížnici.
- **hledáčky**
- **pružiny** - využívají se u střížných nástrojů zejména na vytvoření stírací síly. Ta je nutná k vytažení střížníku, který uvízl ve stříhaném materiálu a tím pádem dostat střížník do výchozí polohy.

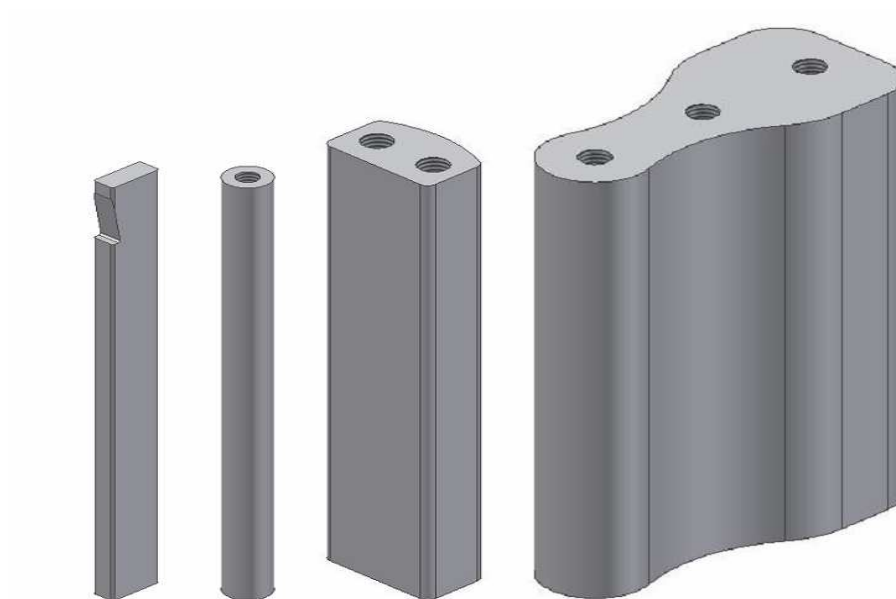
3.4.1 Střížníky [8],[11]

U střížných nástrojů je možné se setkat se střížníky různých konstrukcí. Všechny by však měly splňovat několik základních předpokladů, které jsou nutné k výrobě kvalitních výstřížků.

Jsou to:

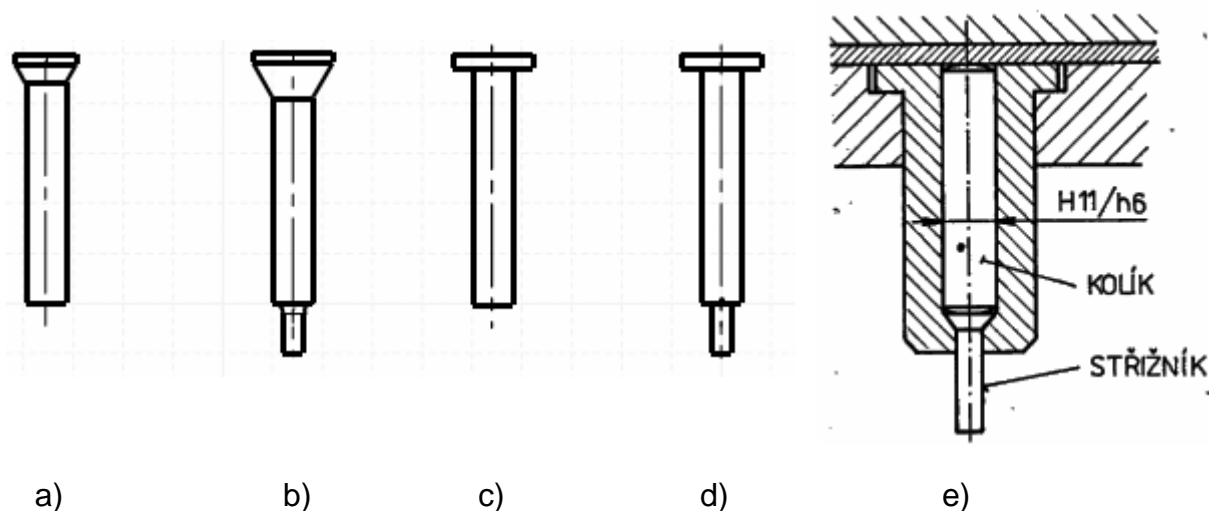
- tuhost
- kolmé upevnění
- odolnost proti bočním i stíracím silám
- neotupené ostří

Pokud je na nástroji několik střížníků různých průřezů, měly by být střížníky většího průřezu asi o 0,4 násobek tloušťky stříhaného materiálu delší než střížníky menšího průřezu. Touto úpravou se zabrání zlomení střížníku malého průřezu, ke kterému by došlo pružnou deformací materiálu při vnikání střížníku většího průřezu.



Obr.3.11 Střížníky

Používá se různých druhů střížníků viz obr.3.12. Základním požadavkem u všech je tuhost a kolmost upevnění v kotevní desce. Střížníky se v kotevní desce upevňují roznýtováním, osazením nebo nákrůžky. Pevnost tenkých střížníků se zvětší osazením nebo vkládáním do pouzdra viz obr.3.12. Délky střížníků jsou 60 až 90mm, odstupňované po 10mm. Střížníky se vyrábí s nástrojových ocelí a tepelně se zpracovávají, nebo mají činné části ze slinutých karbidů. Některé materiály vhodné pro střížníky : 19 421, 19 436, 19 312, 19 313, 19 601.



a) s kuželovou hlavou, b) s kuželovou hlavou s osazením, c) s válcovou hlavou
d) s válcovou hlavou a s osazením, e) vsazený do pouzdra

Obr.3.12 Střížníky s různým uchycením

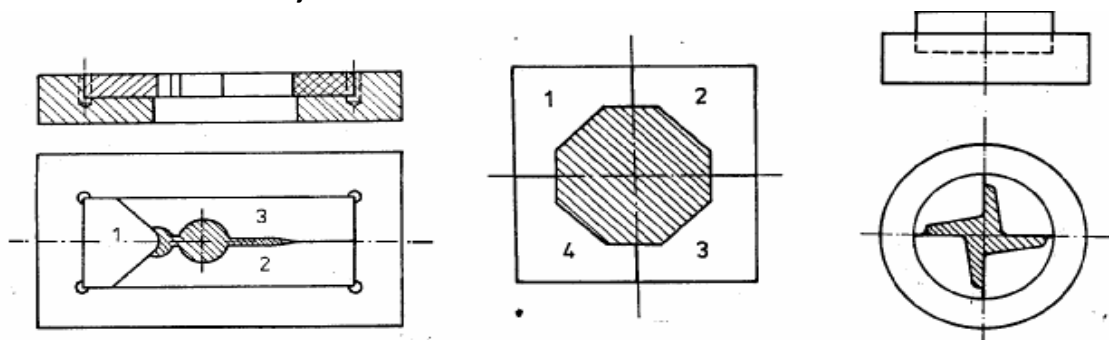
3.4.2 Střížnice [8],[11]

Je to nejnákladnější část střížného nástroje, jelikož střížný otvor vyžaduje precizní vypracování. Hlavní střížný otvor děrující a pomocné otvory, mají být rozděleny tak, aby žádný okraj střížnice nebyl zvlášť zeslaben. Tloušťka střížnice se pohybuje zpravidla mezi 18 až 30 mm. Většinou se střížnice zhotovují tak, že střížný otvor sahá do nějaké hloubky a poté je opatřen úkosem (obr.3.14B). Hloubka, do jaké sahá střížný otvor je závislá na tloušťce materiálu. Do tloušťky plechu 0,5 mm se volí od 3 do 5 mm, pro plech do tloušťky 5 mm se volí od 5 do 10 mm, pro plech do tloušťky 10 mm se volí od 10 do 15 mm. Tato úprava má tuto výhodu, že při častém přebrušování střížnice neztratí výstřižek rozměrovou přesnost.

Střížnice mohou být:

- celistvé (tj. z jednoho kusu)
- dělené (skládané)
- vložkované

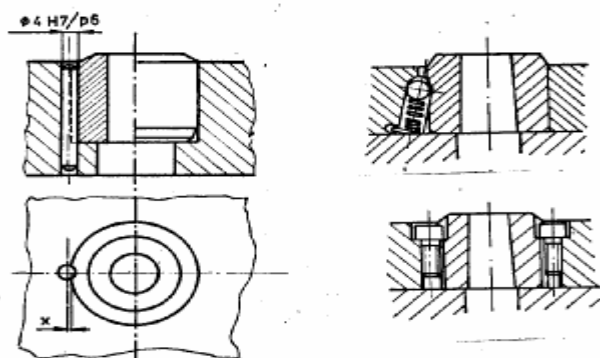
Kriteriem je velikost a složitost tvaru výstřižku, velikost série, druh nástroje, druh stříhaného materiálu aj.



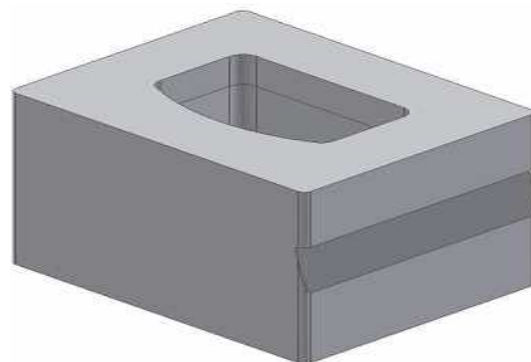
Obr.3.13 Příklady dělených střížnic [11]

<p style="text-align: right;">A</p>	$\alpha = 10' - 15'$ při $t = 0,1 - 0,5$ mm $\alpha = 15' - 20'$ při $t = 0,5 - 1,0$ mm $\alpha = 20' - 30'$ při $t = 1,0 - 2,0$ mm $\alpha = 30' - 45'$ při $t = 2,0 - 4,0$ mm $\alpha = 45' - 1^\circ$ při $t > 4,0$ mm	Použití - pro střední počty kusů - vystřihování malých částí - střední přesnost
<p style="text-align: right;">B</p>	$h = 3 - 5$ mm při $t = 0,5$ mm $h = 5 - 10$ mm při $t = 0,5 - 5$ mm $h = 10 - 15$ mm při $t = 5 - 10$ mm $\alpha = 3^\circ - 5^\circ$	Pro vysoké počty kusů
<p style="text-align: right;">C</p>	válcový nebo prismatický tvar	Ke stříhání při použití vyhazovače nebo pro rozměrné tvary
<p style="text-align: right;">D</p>	válcově vybraný tvar h stejně jako při B $d > 3$	K děrování ($d > 5$ mm)

Obr.3.14 Geometrie břitů funkčních částí střížnice [11]



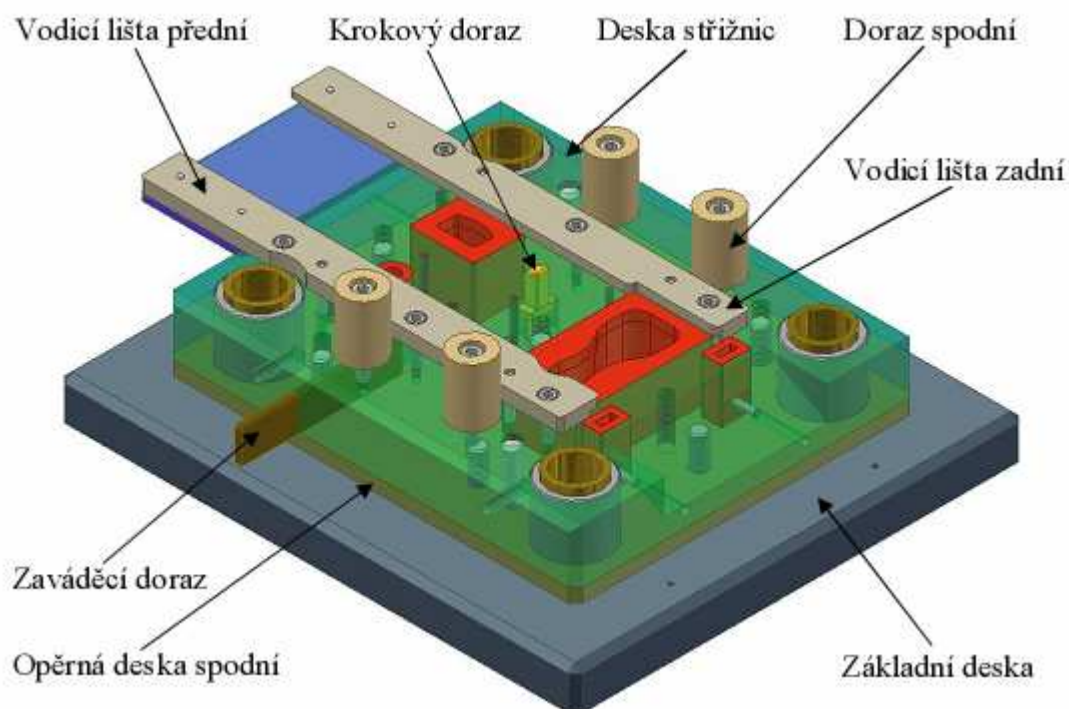
Obr. 3.15 Příklady upínání střížných vložek [11]



Obr. 3.16 Příklad vyrobené střížnice

3.4.3 Vodící lišty [8]

Vodící lišty mají funkci vést pás plechu ve střížném nástroji. Jejich vzájemná vzdálenost je určena maximální šíří polotovaru. Vodící lišty slouží také k vytvoření bezpečného prostoru pro manipulaci se stříhaným materiálem mezi vodící deskou a střížnicí. Jsou stejně vysoké a na straně určené k zavádění materiálu jsou přesazené asi o 60 až 80 mm.



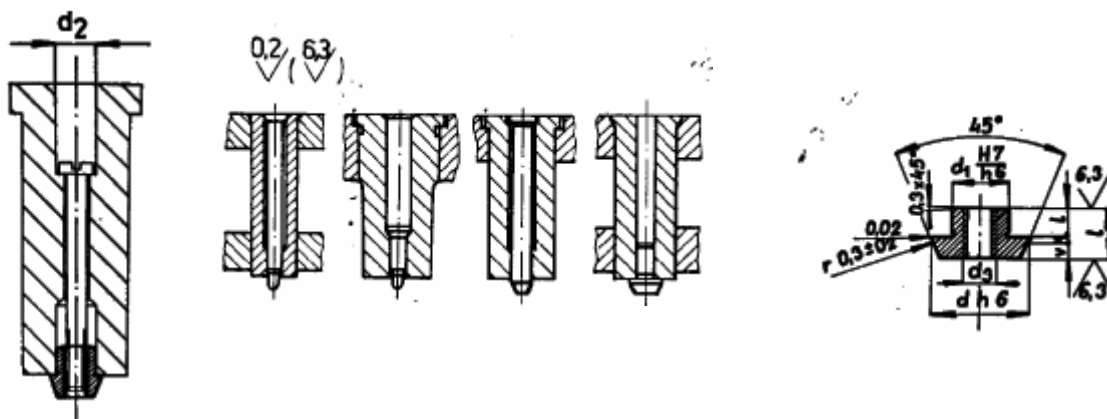
Obr.3.17 Ukázka spodní části postupového střížného nástroje

3.4.4 Hledáčky [11]

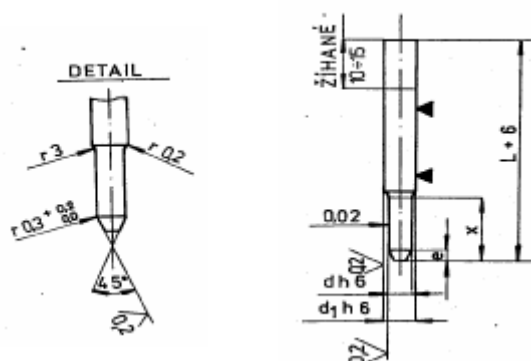
Používají především tam, kde je nutné vystředit pás plechu a tím pádem najít správnou polohu pro vystřížení např. kruhového otvoru. Zvyšuje se tím přesnost vystřihovaných součástí a snižuje se opotřebení nástrojů.

Hledáčky se dělí na :

- hledáčky pro středění přímé (do otvoru z předchozího kroku) a
- hledáčky pro středění nepřímé (do speciálně vystřížených otvorů)



Obr.3.18 Hledáčky pro přímé středění [11]



Obr.3.19 Hledáčky pro nepřímé středění [11]

3.6 Stroje pro stříhání

Pro stříhání se používá nejrůznějších strojů. Každý stroj je určen na konkrétní použití např.:

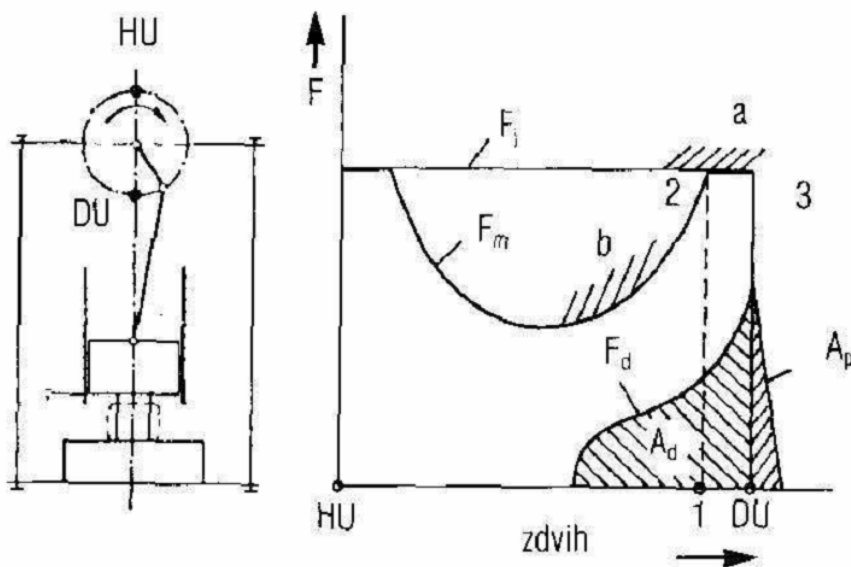
- nůžky (tabulové, pákové, nůžky na stříhání profilu, kmitací, vystřihovací, ostřihovací, stolní kotoučové, okružní nůžky na rozstřihování pásů apod.)
- lisy (mechanické, hydraulické)

Volba lisu pro stříhací proces je ovlivněna velikostí, tloušťkou a materiálem součástí. Z těchto hledisek se vychází při volbě lisu pro stříhání a to zejména z určení potřebné síly pro stříhání a nutné upínací plochy pro vystřížení výrobku.

3.6.1 Mechanické lisy [12], [9]

Mechanické lisy jsou nejpoužívanější tvářecí stroje pro různé tvářecí operace. Tyto lisy mají vysokou produktivitu výroby, jsou poměrně jednoduché, avšak z technologického hlediska je nevýhoda, že maximální tvářecí sílu lze odebrat až těsně před dolní úvratí, dále je nebezpečí přetížení stroje, obtížné tváření velkou silou po delší dráze, nevýhodný průběh rychlosti aj. S ohledem na tyto nedostatky jsou však stroje v provozu nejvíce využívány. Lis ale může být zatížen jen takovou silou, která nepřevýší jmenovitou sílu. Aby se předešlo porušení strojů při přetížení, používá se různých pojistek proti přetížení.

Ve schématu klikového mechanismu (obr.3.20) je znázorněna situace, kdy začíná lisování – start křivky síly F_d v pracovním diagramu. Úsek 1, DU odpovídá jmenovitému úhlu α_j , natočení kliky před DU u kovací lisů bývá α_j maximálně $5 \div 10^\circ$. Proti přetížení systému beran-ojnice-klika-rám (oblast a znázorňuje překročení síly F_j) jsou např. v beranu pod ojnicí umístěny tlakové střížné pojistky. Plocha 1, 2, 3, DU vyjadřuje jmenovitou práci lisu A_j , která když se porovná s kovací prací A_d , může se stanovit využitelnost lisu za trvalého chodu.



Obr.3.20 Schéma klikového mechanismu lisu [12]

3.6.2 Hydraulické lisy [12]

Hydraulické lisy pracují na základě poznatku o rovnoměrném šíření tlaku všemi směry (Pascalův zákon).

Porovnání s mechanickými lisami:

- je možné konstruovat na síly až 10^3 MN
- velikost pracovního zdvihu se dá nastavit libovolně z celkového zdvihu beranu
- rychlost pohybu beranu lze nastavit podle potřeby v rozmezí
 $v = 0$ až $0,25$ m/s
- možnost plynule regulovat rychlost
- jednoduchá a rychlá rezervace pohybu beranu

- možnost mechanizace a automatizace pracovního cyklu a pomocných operací
- možnost odebrání maximální síly v libovolném zdvihu
- možnost docílení konstantního tlaku a konstantní rychlosti beranu

Určité nevýhody hydraulických lisů ve srovnání s mechanickými lisy jsou tyto:

- větší složitost konstrukce pohonu
- horší účinnost
- pomalejší chod beranu a tím menší výrobnost stroje
- obtížnější možnost zjišťování poruch
- složitější údržba vyšší pořizovací náklady při stejné jmenovité síle – až o 30%

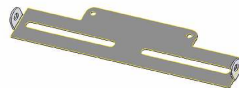
U moderních strojů se některé nedostatky podařilo eliminovat použitím nových hydraulických prvků a proto se tyto stroje stále více rozšiřují.

4. NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE

Z možných způsobů výroby, které byly uvedeny v kapitole 2.1, byla pro zadanou součást na obr.4.2, navržena technologie postupového stříhání. Tato metoda je výhodná při velkých sériích. Byly brány v úvahu také pořizovací náklady na nástroj. Součást lze umístit na plech dvěma způsoby, viz. varianta I., II.

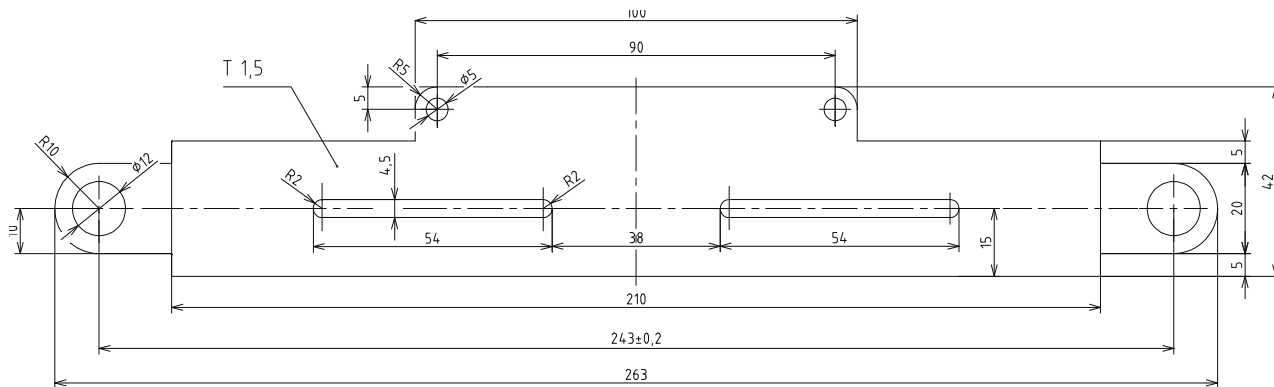
4.1 Volba materiálu

Vzhledem k vyráběné sérii 600000ks, bude použito k výrobě plechu ve svitku.



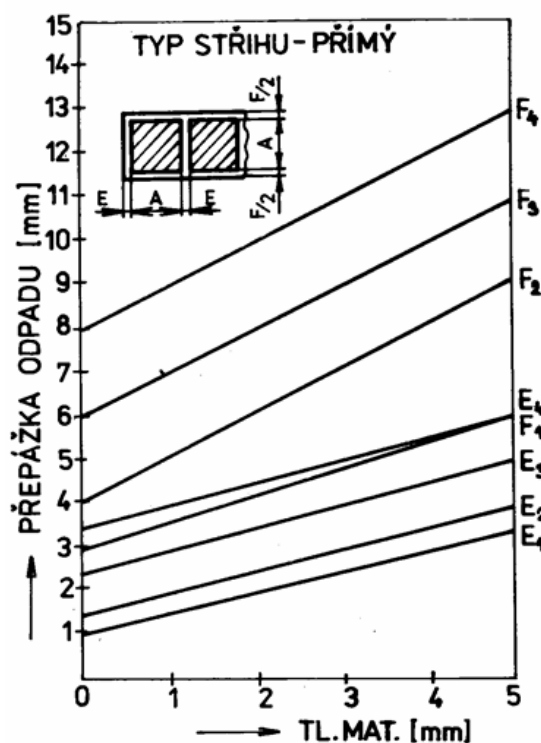
Obr.4.1 Svítek plechu [4]

4.2 Nástřihový plán



Obr.4.2 Zadaná součást

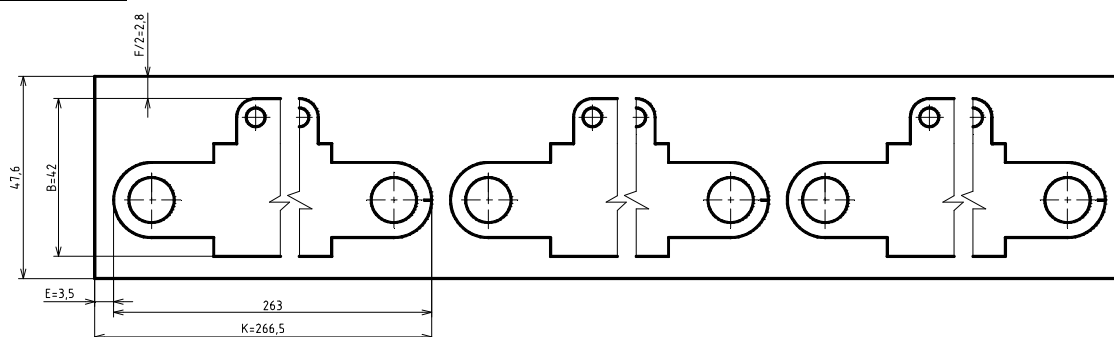
4.2.1 Stanovení přepážek a okrajů



A[mm]	Příslušné E, F
do 15	E ₁ , F ₁
15-50	E ₂ , F ₂
50-100	E ₃ , F ₃
> 100	E ₄ , F ₄

Obr.4.3 Stanovení šířek odpadu u výstřižků [9]

Varianta I.



Obr.4.4 Varianta stříhání I.

$$E_4 = 3,5\text{mm} \quad F_2 = 5,6\text{mm}$$

$$\text{šířka výstřižku} \quad B = 42\text{mm}$$

$$\text{délka výstřižku} \quad A = 263\text{mm}$$

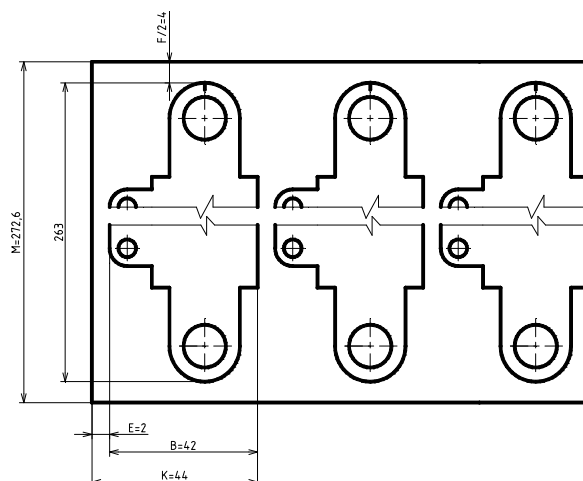
velikost kroku

$$K = A + E_4 = 263 + 3,5 = 266,5 \approx 267\text{mm} \quad (4)$$

velikost můstku

$$M = B + F_2 = 42 + 5,6 = 47,6 \approx 48\text{mm} \quad (5)$$

Dle obr.4.2, který slouží jako pomůcka ke stanovení hodnot E a F pro určení přepážek a okrajů jsou zvoleny na základě tloušťky materiálu a velikosti výrobku hodnoty $E_4 = 5\text{mm}$ a $F_4 = 11,8\text{mm}$.

Varianta II.

Obr.4.5 Varianta stříhání II.

$$E_2 = 2\text{mm} \quad F_4 = 9,6\text{mm}$$

$$\text{šířka výstřižku} \quad B = 42\text{mm}$$

$$\text{délka výstřižku} \quad A = 263\text{mm}$$

velikost kroku

$$K = B + E_2 = 42 + 2 = 44\text{mm} \quad (6)$$

velikost můstku

$$M = A + F_4 = 263 + 9,6 = 272,6 \cong 273\text{mm} \quad (7)$$

Dle obr.4.2 je zvoleno $E_2 = 2\text{mm}$ a $F_4 = 9,6\text{mm}$.

4.2.2 Spotřeba materiálu

Varianta I. (orientace součásti dle obr.4.3)

$$P_{p1} = \text{serie} \cdot K = 600000 \cdot 267 = 160,2 \cdot 10^6 \text{mm} = 160,2 \cdot 10^3 \text{m} \quad (8)$$

P_{p1} potřebná délka plechu na vyráběnou sérii [m]

$$V_1 = P_p \cdot M \cdot s = 160200 \cdot 0,048 \cdot 0,0015 = 11,534 \cong 11,6\text{m}^3 \quad (9)$$

V_1 ...potřebný objem materiálu pro sérii [m^3]

M ...velikost můstku – šířka svitku plechu [mm]

$$m_1 = V_1 \cdot \rho \quad (10)$$

$$m_1 = 11,6 \cdot 7800 = 90480\text{kg} = \underline{\underline{90,48\text{t}}}$$

m_1hmotnost potřebného materiálu [kg]

ρ hustota železa [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Varianta II. (orientace součásti dle obr.4.4)

$$P_{p2} = \text{serie} \cdot K = 600000 \cdot 44 = 26,4 \cdot 10^6 \text{mm} = 26,4 \cdot 10^3 \text{m}$$

$$V_2 = P_{p2} \cdot M \cdot s = 26400 \cdot 0,273 \cdot 0,0015 = 10,81 \cong 10,9\text{m}^3 \quad (11)$$

$$m_2 = 10,9 \cdot 7800 = 85020\text{kg} = 85,02 \cong \underline{\underline{85,1\text{t}}}$$

4.2.3 Ekonomické využití plechu

Z výše uvedených výpočtů vplývá pro naši vyráběnou sérii 600 tis.kusů výhodnější varianta II.

Hmotnost součásti:

Jelikož zadaná součást byla vymodelována v programu Catia V5, bylo možné pomocí tohoto programu vypočítat její hmotnost. Tento způsob má tu výhodu, že zjištěné hodnoty jsou velmi přesné.

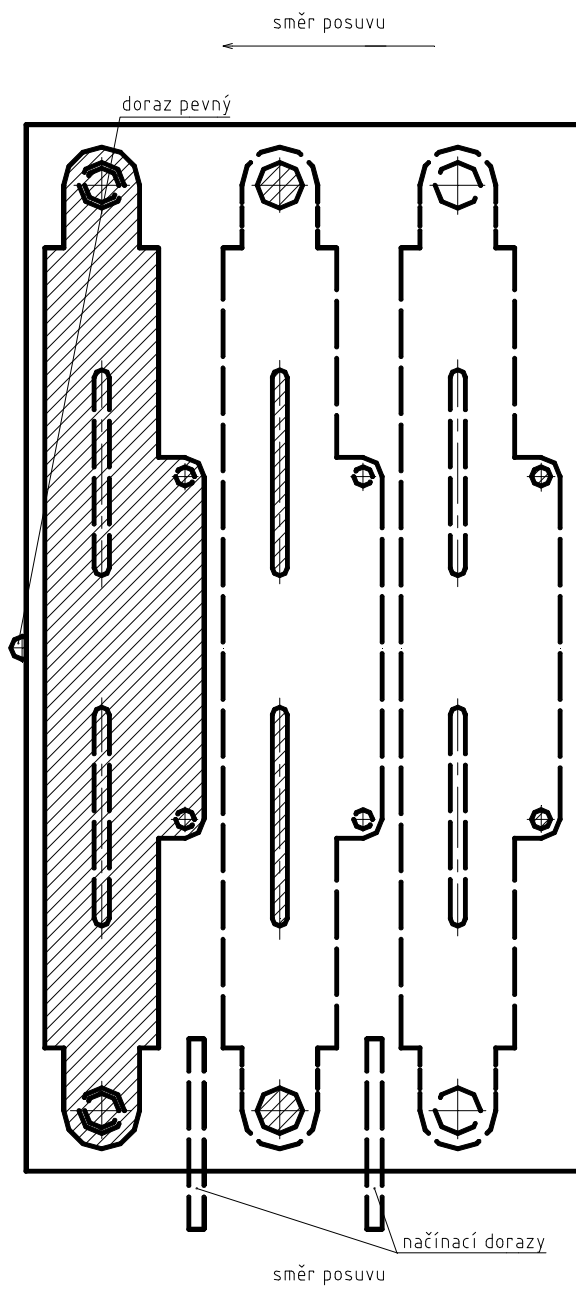
Zjištěná hmotnost součásti $m = 0,09\text{kg}$

Celková hmotnost vyrobené série $m_s = 600000 \cdot 0,09 = 54000\text{kg}$

Celková hmotnost potřebného materiálu (viz. Varianta II.) $m_2 = 85020\text{kg}$

$$\text{Využití plechu} = \frac{54000}{85020} \cdot 100 = \underline{\underline{63,5\%}}$$

4.2.4 Návrh postupu stříhání

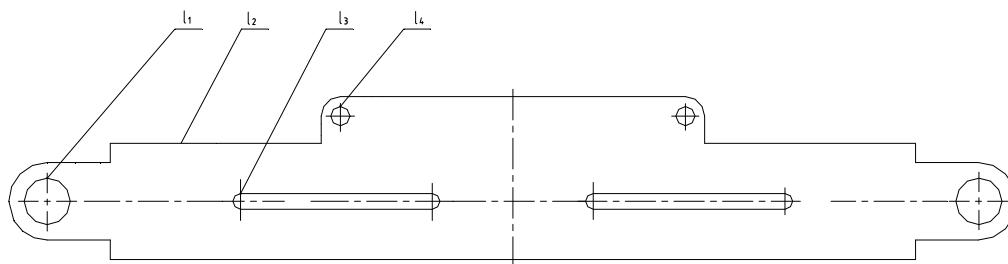


Obr.4.6 Postup při stříhání

Stříhání bude probíhat ve třech krocích. V prvním kroku se vystříhnou dva otvory $\phi 5\text{mm}$. V další operaci se odstraní první načínací doraz a plech se dorazí na druhý načínací doraz, zahledají se otvory $\phi 5\text{mm}$ hledáčkem a vystříhnou se najednou dva otvory $\phi 12\text{mm}$ a prostřední dva oválné otvory. Ve třetí operaci se odstraní načínací doraz a plech se dorazí na pevný doraz a vystříhne se vnější část. V další fázi se plech nadzvedne a dorazí se na pevný doraz vnitřní částí otvoru po vystřížené součásti. Cyklus se opakuje, ale už bez načínacích dorazů, přičemž veškeré operace se dějí najednou.

4.3 Výpočet parametrů potřebných pro konstrukci a výrobu

4.3.1 Výpočet střížných hran



Obr.4.7 Střížné hrany

Střížné hrany zjištěny pomocí programu CATIA V5 dle obr.4.5.

Střížná hrana $l_1 = 37,699\text{mm}$

Střížná hrana $l_2 = 588,304\text{mm}$

Střížná hrana $l_3 = 112,568\text{mm}$

Střížná hrana $l_4 = 15,708\text{mm}$

Střížná hrana celkem

$$l = 2 \cdot l_1 + l_2 + 2 \cdot l_3 + 2 \cdot l_4 = 2 \cdot 37,699 + 588,304 + 2 \cdot 112,568 + 2 \cdot 15,708 = 920,254 \approx \underline{\underline{920\text{mm}}}$$

4.3.2 Výpočet střížné síly

Dle vztahu (1) přičemž R_m pro materiál 11 321.1 je uvedeno v tab.1 v rozmezí 270 až 410MPa zvolíme 300MPa.

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s$$

$$F_{S1} = 1,3 \cdot 37,699 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 300 = 17643,132\text{N} \approx 17,6\text{kN} \quad (\text{střížník } \phi 12\text{mm})$$

$$F_{S1\text{celk.}} = 2 \cdot 17,6 \approx 35,2\text{kN}$$

$$F_{S2\text{celk.}} = 1,3 \cdot 588,304 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 300 = 275326,272\text{N} \approx 275,3\text{kN} \quad (\text{střížník velký})$$

$$F_{S3} = 1,3 \cdot 112,568 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 300 = 52681,824 \approx 52,7\text{kN} \quad (\text{střížník malý oválný})$$

$$F_{S3\text{celk.}} = 2 \cdot 52,7 = 105,4\text{kN}$$

$$F_{S4} = 1,3 \cdot 15,708 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 300 = 7351,344\text{N} \approx 7,4\text{kN} \quad (\text{střížník } \phi 5\text{mm})$$

$$F_{S4\text{celk.}} = 7,4 \cdot 2 = 14,8\text{kN}$$

$$F_{S\text{celk.}} = F_{S1\text{celk.}} + F_{S2\text{celk.}} + F_{S3\text{celk.}} + F_{S4\text{celk.}} = 35,2 + 275,3 + 105,4 + 14,8 = 430,7 \approx \underline{\underline{431\text{kN}}}$$

Kontrolní výpočet

$$F_{S\text{celk.}} = 1,3 \cdot 920 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 300 = 430560\text{N} = 430,56\text{kN} \approx \underline{\underline{431\text{kN}}}$$

4.3.3 Kontrola střížníků na vzpěr

Při kontrole střížníků na vzpěr hraje roli jejich délka. Slabé a dlouhé střížníky mohou vybočit z osy. Dle níže uvedeného vztahu (pro střížník vedený) se určí l_{krit} .

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot F_s}} \quad (12)$$

kde:

- E modul pružnosti [MPa]
 I kvadratický moment [mm⁴]
 l_{krit} kritická délka střížníku [mm]
 n koeficient otupení ((1,2 ÷ 1,5) [-]

Pro materiál 19 436.1 $E = 2 \cdot 10^5$ MPa. Kvadratické momenty pro jednotlivé střížníky byly zjištěny pomocí programu CATIA V5: (pozn. bylo uvažováno I_{min})

$$I_1 = 396 \text{ mm}^4, I_2 = 978400 \text{ mm}^4, I_3 = 1018 \text{ mm}^4, I_4 = 31 \text{ mm}^4, n = 1,3$$

Pro střížník ϕ 12mm

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 396}{1,3 \cdot 17600}} = 185 \text{ mm}$$

Pro střížník velký

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 978400}{1,3 \cdot 276000}} = 2320 \text{ mm}$$

Pro střížník ϕ 12mm

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1018}{1,3 \cdot 17600}} = 185 \text{ mm}$$

Pro střížník ϕ 5mm

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 30,68}{1,3 \cdot 7400}} = 80 \text{ mm}$$

Z výpočtů je zřejmé, že délka střížníků nesmí překročit 80mm.

4.3.4 Kontrola střížníků na otláčení

$$\sigma_{TL} = \frac{F_s}{S} \leq \sigma_{dov} \quad (13)$$

kde:

- F_s střížná síla daného střížníku [N]
 S obsah plochy střížníku na opěrné desce [mm²]
 σ_{TL} namáhání v tlaku [MPa]
 σ_{DOV} dovozené namáhání = 150MPa

Pro střížník velký

$$\sigma_{TL} = \frac{F_{S2}}{S_2} = \frac{344158}{10000} \cong 35 \text{ MPa}$$

Pro střížník malý oválný

$$\sigma_{TL} = \frac{F_{S3}}{S_3} = \frac{65853}{488,7} \cong 135 \text{ MPa}$$

Pro střížník ϕ 5mm

$$\sigma_{TL} = \frac{F_{S4}}{S_4} = \frac{9189}{63,62} \cong 145 \text{ MPa}$$

Pro střížník ϕ 12mm

$$\sigma_{TL} = \frac{F_{S1}}{S_1} = \frac{22054}{201} \cong 110 \text{ MPa}$$

Síly F_s jsou ve výpočtech již vynásobeny koeficientem bezpečnosti 1,25. Jelikož $\sigma_{TL} \leq \sigma_{DOV}$ není nutné opěrnou desku kalit.

4.3.5 Výpočet práce

Dle vztahu (2):

$$A = \lambda \cdot F_{S_{celk}} \cdot s \quad [\text{J}]$$

$$A = 0,6 \cdot 431 \cdot 1,5 = 388 \text{ J}$$

4.3.6 Výpočet střížné vůle

$$m = \frac{v}{2} = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (1)$$

$$m = 0,006 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 300} = 0,139 \cong 0,14 \text{ mm}$$

$$v = 2 \cdot m = 0,14 \cdot 2 = \underline{\underline{0,28 \text{ mm}}}$$

4.3.7 Určení těžiště střížných sil

těžiště v ose x:

$$x_T = \frac{F_{S1_{celk}} \cdot x_1 + F_{S2_{celk}} \cdot x_2 + F_{S3_{celk}} \cdot x_1 + F_{S4_{celk}} \cdot x_3}{F_{S1_{celk}} + F_{S2_{celk}} + F_{S3_{celk}} + F_{S4_{celk}}} \quad (14)$$

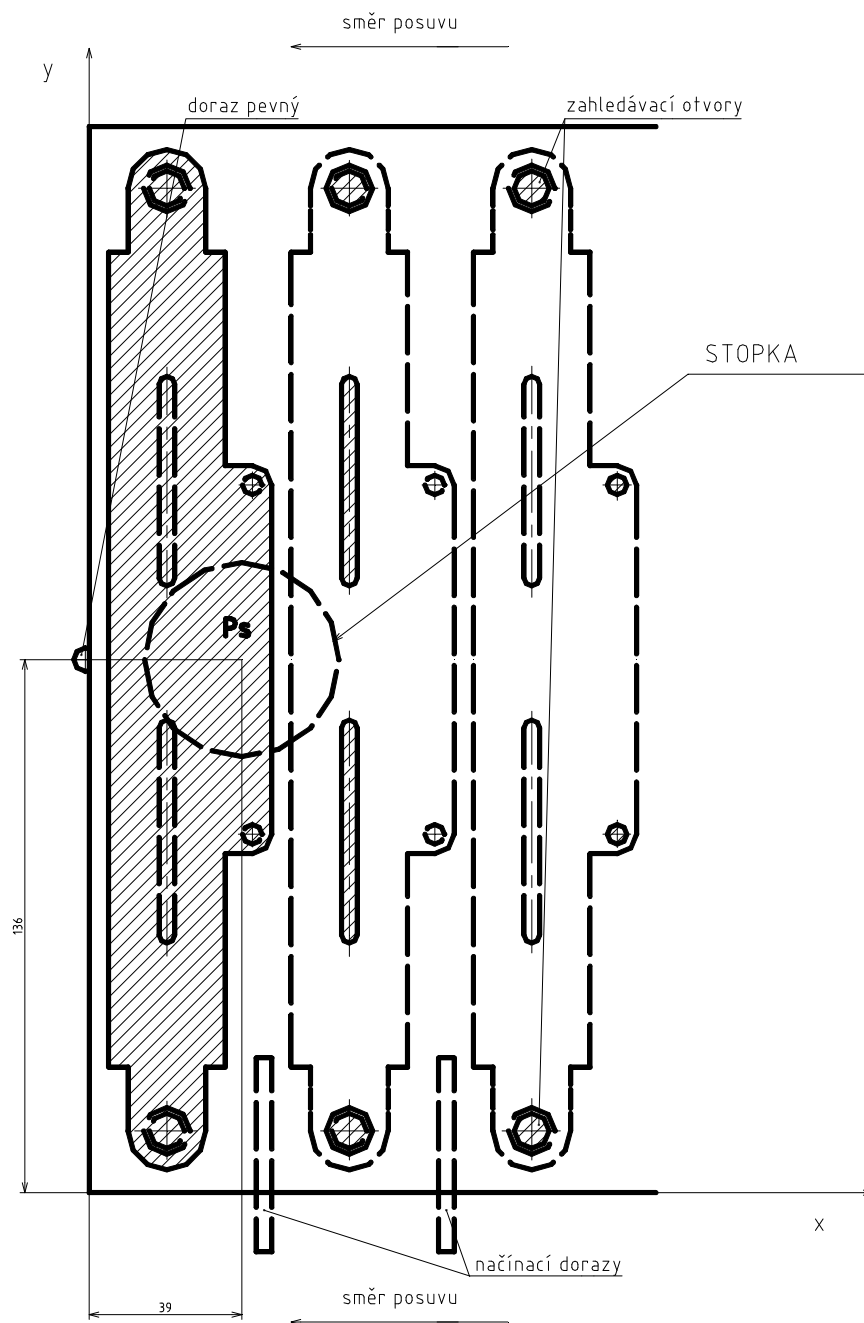
$$x_T = \frac{35,2 \cdot 67 + 275,3 \cdot 20 + 105,4 \cdot 67 + 14,8 \cdot 136}{35,2 + 275,3 + 105,4 + 14,8} = \frac{16939}{430,7} = 39,3 \cong \underline{\underline{39 \text{ mm}}}$$

těžiště v ose y:

$$y_T = \frac{F_{S1} \cdot y_1 + F_{S1} \cdot y_2 + F_{S2} \cdot y_3 + F_{S3} \cdot y_4 + F_{S3} \cdot y_5 + F_{S4} \cdot y_5 + F_{S4} \cdot y_6}{F_{S1_{celk}} + F_{S2_{celk}} + F_{S3_{celk}} + F_{S4_{celk}}} \quad (15)$$

$$y_T = \frac{17,6 \cdot 257,8 + 17,6 \cdot 14,8 + 275,3 \cdot 136,24 + 52,7 \cdot 182,3 + 52,7 \cdot 90,3 + 7,4 \cdot 181,3 + 7,4 \cdot 91,3}{35,2 + 275,3 + 105,4 + 14,8}$$

$$y_T = \frac{58688}{431} = \underline{\underline{136\text{mm}}}$$



Obr.4.7 Umístění těžiště, stopky

4.4 Návrh stroje

Na základě výše uvedených výpočtů a to zejména velikosti střížné síly, střížné práce, návrhu postupu stříhání a zadaného počtu výstřížků byl navržen tvářecí stroj LENX 100C (Příloha 3).

Výstředníkový lis LENX 100C

- tvářecí síla	1000kN
- sevření	380mm
- vyložení	355mm
- průchod	380mm
- upínací plocha – stůl	1000 x 640mm
- upínací plocha – beran	560 x 360mm
- maximální tloušťka plechu	7,0mm
- výkon hlavního motoru	6,0/10,0kW



4.5 Návrh sestavy stříhadla

Byl navržen střížný nástroj jehož detailní rozkreslení je v příloze č.8, včetně všech potřebných řezů a pohledů (č.výkresu: BP/2009/VD2)

Obr. 4.8 Navržený střížný nástroj

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

5.1 Technické hodnocení

Na základě získaných informací o problematice technologie stříhání byla navržena pro zadanou součást technologie postupového stříhání.

Z možných polotovarů – tabule plechu nebo svitek plechu byl vzhledem k vyráběné sérii 600 000 kusů zvolen svitek plechu.

Se zohledněním předešlých závěrů byl navržen postupový střížný nástroj pro polotovar svitek plechu

Při návrhu technologie byly provedeny konstrukční výpočty střížných sil, střížné práce a byla provedena kontrola střížníků na vzpěr a otlačení. Ze získaných hodnot sil byl navržen výstředníkový lis LENX 100C, který vyhovuje jak z hlediska síly, tak z hlediska zdvihu nástroje. V konkrétním případě výroby by se přihlédlo k možnostem stavu strojového parku

Byly vypracovány dvě varianty umístění výstřižků na pásu plechu. První varianta, která je znázorněna na obr.4.4, je návrh výstřižku na postupovém stříhadle o délce kroku 267mm. Druhá varianta na obr.4.5 má délku kroku 44mm. Obě tyto varianty jsou na tři operace stříhání. Z hlediska pracnosti a vzhledem k horší manipulaci z plechem při variantě I. byla zvolena varianta II. Tento způsob postupového stříhání byl zvolen také z důvodu lepšího využití plechu, které je v našem případě 63,5%. Při námi vyráběné sérii 600000ks za pět let dojde k úspoře 5-ti tun materiálu.

5.2 Ekonomické hodnocení

Tato kapitola bude věnována ekonomickému zhodnocení „výroby držáku“ metodou postupového stříhání. Do ceny bude zahrnuta hodnota materiálu potřebného pro výrobu a cena nástroje.

5.2.1 Vstupní hodnoty

Potřebné údaje:

- životnost nástroje	$T_S = 5 \text{ let}$
- vyráběné množství	$Q = 120000 \text{ ks/rok}$
- dílenské režie	-jednicové mzdy $JM = 100\%$
	-výrobní režie $VR = 437\%$
	-správní režie $SR = 112\%$
	-ostatní přímé náklady $OPN = 21\%$

Režie celkem: $R = JM + VR + SR + OPN$

$$R = 100 + 437 + 112 + 21 = 670\%$$

Sazba hodinové mzdy: $TKK = 95 \text{ Kč/hod}$

5.2.2 Náklady na materiál

materiál 11 321 z ceníku FERONA: 1kg materiálu ve svítku 37,50

Dle vztahu (11) v kapitole 4.2.2 bylo zjištěno potřebné množství materiálu.

Spotřeba materiálu za jeden rok:

$$m_o = \frac{m_2}{5} = \frac{85,1}{5} = 17,1t = 17100kg \quad (16)$$

Hmotnost odpadu

$$m_{od} = m_2 - m_s = \frac{85,1 - 54}{5} = 6,22t = 6220kg$$

Náklady na materiál:

$$N_m = 37,50 \cdot (m_o - m_{od}) = 37,50 \cdot (17100 - 6220) = 408000,-Kč \quad (17)$$

5.2.3 Náklady na nástroj

$$\text{Potřebný čas na výrobu nástroje 330 hodin: } 350 \cdot 95 = 33250,-Kč \quad (18)$$

$$\text{Jednicová mzda: } JM = 27100,-Kč$$

$$\text{Zpracovatelské náklady: } ZN = JM \cdot R = 27100 \cdot 6,7 = 181570,-Kč \quad (19)$$

Zisk činí přibližně 15% zpracovatelských nákladů:

$$Z = 0,15 \cdot 181570 = 27236,-Kč$$

Tab. 5.2. Cena materiálu pro výrobu nástroje

Materiál	Hmotnost polotovaru [kg]	Cena polotovaru [kg]	Cena [Kč]
11 373	110	35,20	3872,-
12 050.9	4	54,-	216,-
14 220	3	56,-	168,-
19 436.3	30	139,-	4170,-
Spojovací materiál			135,-
Celkem			8561,-

Dle tabulky 5.2 je cena materiálu potřebného pro výrobu nástroje $N_{mn} = 8561,-Kč$

Cena součástí nástroje, které jsou normalizovány: $N_{nak} = 352,-Kč$

Celkové náklady na nástroj N_n :

$$N_n = ZN + Z + N_{mn} + N_{nak} = 181570 + 27236 + 8561 + 352 = \underline{\underline{217719,-Kč}} \quad (20)$$

5.2.4 Náklady na výrobu držáku

- plánovaná roční výroba	120000ks
- plánovaná denní výroba	4500ks
- počet hodin potřebných na výrobu	96 hodin
- práce na lisu	52,-Kč/hod
- mzda připadající na výrobu 120000ks	13425,-Kč
- potřebné množství plechu	90 t
- cena svitků plechu	408000,-Kč
- cena nástroje	217719,-Kč
- režie	700%

Životnost nástroje byla zvolena na 5 let, tudíž v nákladech na roční výrobu se bude počítat s pětinou ceny nástroje.

Náklady na roční výrobu N_v :

$$N_v = \text{mzdy} + \text{režie} + C_m + \frac{1}{5} \cdot N_n = 13425 + 13425 \cdot 7 + 408000 + \frac{217719}{5} \quad (21)$$

$$= 572370,-\text{Kč}$$

Náklady na jeden kus držáku N_p :

$$N_p = \frac{N_v}{Q} = \frac{572370}{120000} = \underline{\underline{4,77\text{Kč}}} \quad (22)$$

8 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zvolení vhodné technologie pro výrobu součásti „držák blinkrů a registrační značky na motocykl“. Zadanou součást lze vyrábět více způsoby: stříháním v jednoduchém střížném nástroji, stříháním v postupovém střížném nástroji, stříháním ve sdruženém střížném nástroji a v neposlední řadě také řezáním pomocí laserového paprsku. Na základě posouzení všech ukazatelů jak technických tak ekonomických byla zvolena technologie postupového stříhání. Byl vybrán materiál 11 321.1, který je pro tuto technologii vhodný a vyhovuje i účelu pro který je výrobek určen. Vzhledem k vyráběné sérii 600000kusů byl pro výrobu jako polotovar zvolen svitek plechu. Byl navržen postupový střížný nástroj. Konstrukční řešení bylo provedeno v závislosti na požadované přesnosti výrobku. Přihlédlo se i k trvanlivosti střížného nástroje vzhledem k vyráběné sérii. Kontrolní výpočty střížných sil byly použity zejména pro určení lisu. Pro výrobu byl zvolen výstředníkový lis LENX 100C, který plně vyhovuje svými technickými parametry. V praxi by se samozřejmě přihlédlo k možnostem stávajícího strojového parku.

SEZNAM POUŽITÝCH OZNAČENÍ A SYMBOLŮ

F_s	[N]	střížná síla
F_{si}	[N]	střížná síla jednotlivého střížníku
n	[-]	součinitel otupení
l_{1-4}	[mm]	délka stříhu
S	[mm ²]	plocha stříhu
s	[mm]	tloušťka stříhaného materiálu
τ_s	[MPa]	střížný odpor
R_m	[MPa]	mez pevnosti v tahu
A	[J]	střížná práce
λ	[-]	součinitel plnosti
K	[mm]	délka kroku
M	[mm]	velikost můstku
E	[mm]	rozměr přepážky
F	[mm]	rozměr okraje
P_p	[m]	potřebný počet metrů plechu na vyráběnou sérii
V	[m ³]	potřebný objem materiálu pro sérii
ρ	[kg · m ⁻³]	hustota
m_1	[kg]	hmotnost spotřeby materiálu při variantě I.
m_2	[kg]	hmotnost spotřeby materiálu při variantě II.
m_o	[kg]	hmotnost spotřeby materiálu při variantě II.
m_s	[kg]	celková hmotnost vyrobené série
m_1	[kg]	hmotnost spotřeby materiálu při variantě I.
m_{od}	[kg]	hmotnost odpadu
E	[MPa]	modul pružnosti
I_i	[mm ⁴]	kvadratický moment jednotlivého střížníku
l_{krit}	[mm]	kritická délka střížníku
σ_{TL}	[MPa]	namáhání v tlaku
σ_{DOV}	[MPa]	dovolené namáhání v tlaku
m	[mm]	střížná mezera
v	[mm]	střížná vůle
c	[-]	koeficient závislý na druhu stříhání
x_{Ti}	[mm]	souřadnice těžiště v ose x
y_{Ti}	[mm]	souřadnice těžiště v ose y
T_s	[rok]	životnost nástroje
Q	[ks/rok]	vyráběné množství
JM	[Kč]	dílenská režie
VR	[Kč]	výrobní režie
SR	[Kč]	správní režie

OPN	[Kč]	ostatní přímé náklady
R	[Kč]	režie celkem
N_m	[Kč]	náklady na materiál
N_n	[Kč]	náklady na nástroj
JM	[Kč]	jednicová mzda
ZN	[Kč]	zpracovatelské náklady
$N_{mn;}$	[Kč]	cena materiálu pro výrobu nástroje
N_{nak}	[Kč]	cena normalizovaných součástí
C_m	[Kč]	cena materiálu pro výrobu
N_v	[Kč]	náklady na roční výrobu
N_p	[Kč]	náklady na jeden kus držáku

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. [s.l.] : [s.n.], 1983. 213 s.
- [2] FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje*. [s.l.] : [s.n.], 1991. 187 s.
- [3] NOVOTNÝ, Josef, LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. [s.l.] : [s.n.], 1980. 216 s.
- [4] *Ksp.tul.cz* [online]. 2003 [cit. 2008-12-20]. Dostupný z WWW: <www.ksp.tul.cz>.
- [5] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky.*, 2005. 907 s.
- [6] *Nastrojarstvi-jaros.cz*/ [online]. 1996 [cit. 2009-02-07]. Dostupný z WWW: <www.nastrojarstvi-jaros.cz/>.
- [7] BAREŠ , Karel. *Lisování 1.* , 1971. 542 s.
- [8] SRP, Karel, et al. *Základy lisování 1.*, 1965. 248 s.
- [9] *Http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/kapitola_4.htm#4.1* [online]. 2001 [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <[www.vutbr.cz](http://ust.fme.vutbr.cz)>.
- [10] *Http://business.jablonexgroup.cz/attachment/file/104/technicka_vyroba.pdf* [online]. 2001 [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <www.business.jablonexgroup.cz>.
- [11] *Http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/pripravky_a_nastroje__novotny_ze mcik.pdf* [online]. 2001 [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <www.vutbr.cz>.
- [12] *Http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/vyrobni_stroje_a_zarizeni__novotny.pdf* [online]. 2001 [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <www.vutbr.cz>.
- [13] ŘASA, Jaroslav, HANĚK, Václav, KAFKA, Jindřich. *Strojírenská technologie 4*. [s.l.] : [s.n.], 2003. 505 s.
- [14] *Http://www.mittalsteelostrava.cz/pdf/AM_katalog-ploche-cz.pdf* [online]. 2003 [cit. 2009-05-24]. Dostupný z WWW: <www.mittalsteelostrava.cz>.

SEZNAM PŘÍLOH:

- Příloha 1 - Střížné odpory ocelí
- Příloha 2 - Střížné odpory neželezných materiálů
- Příloha 3 - Výstředníkový lis LENX 100C
- Příloha 4 - Příklady nástřihových plánů
- Příloha 5 - Tabulka stanovení šíře odpadů výstřižku
- Příloha 6 - Srovnávací tabulka ocelí+chem. složení ocelí pro tváření za studena
- Příloha 7 - Výkres součásti (č.v.BP/2009/VD1)
- Příloha 8 - Výkres sestavy stříhadla (č.v. BP/2009/VD2)
- Příloha 9 - Výkres střížníku (č.v.BPN-K-09)

Tabulka: Střížné odpory ocelí [1]

Druh oceli	Označení oceli ČSN	Střížný odpor τ_s [MPa]	Pevnost v tahu σ_{pt} [MPa]	Tažnost δ [%]
Uhlíkové s nízkým obsahem C	10 340	280-360	340-420	23-25
	10 370	320-400	370-450	18-20
	10 422	360-450	420-500	18-20
	11 500	440-530	500-600	15-17
	11 301.2	240-330	280-380	33
	11 321	240-330	280-380	33
Uhlíkové tvářené studena	11 340.22	290-400	340-460	14
	11 340.25	520-700	600-800	3
	11 341.20	240-340	280-400	26
Uhlíkové ušlechtilé	12 000.20	700	max.800	
	12 010.1	300	min.340	
	12 020.20	330-440	380-500	23
	12 041.20	390-520	450-600	20
	12 061.1	min.540	min.620	13
	12 071.20	480-600	560-700	17
Slitinové ušlechtilé	13 180.20	700	max.800	14
	14 160.0	820	950	
	14 220.30	560	max.650	
Korozivzdorné	17 021.3	470	560	
	17 041.21	600	700	

Tabulka :Střížné odpory neželezných materiálů [1]

Druh materiálu	Označení materiálu ČSN	Střížný odpor τ_s [MPa]	Pevnost v tahu σ_{pt} [MPa]
Slitina hliníku	42 4057.1	50-70	max.110
	42 4412.1	110-120	max. 230
	42 4451.1	60-80	max. 150
	42 4201.1	110-130	max. 230
	42 4203.1	120-130	max. 240
	42 4253.6	260-280	420
Mosaz	42 3912.1	260	300
	42 3212.2	300	350
	42 3212.3	340	400
	42 3234.1	340	400
	42 3256.1	300	350
	42 3256.3	430	500
Bronz	42 3016.1	300	350
	42 3016.2	350	400
	42 3016.3	430	500
	42 3016.4	520	600
Měď	42 3001.1	300	200
	42 3001.3	260	300
	42 3005.1	180	210
Zinek		120-200	140-230

LENX 100C

Výstředníkové lisy



TOMA INDUSTRIES, s.r.o.

Priemyslná 10
91838, Trnava

IČO: 36277932

DIČ: SK2022093766

Telefon: +421 918 601 178

Fax: +421 335 513 531

E-mail: info@toma.sk

WWW: www.toma.sk

Hlavní technické údaje**Pracovní rozsah**

Tvářecí síla 1000 [kN]

Sevření 380 [mm]

Vyložení 355 [mm]

Průchod 380 [mm]

Stůl

Upínací plocha 1000 x 640 [mm]

Beran

Upínací plocha 560 x 360 [mm]

Max. tloušťka plechu 7,0 [mm]

Výkon hlavního motoru 6,0/10,0 [kW]

Příslušenství

Jednostranný odvíják

Dvoustranný odvíják

Rovnačka pásů

Vzduchový kleštinový podavač

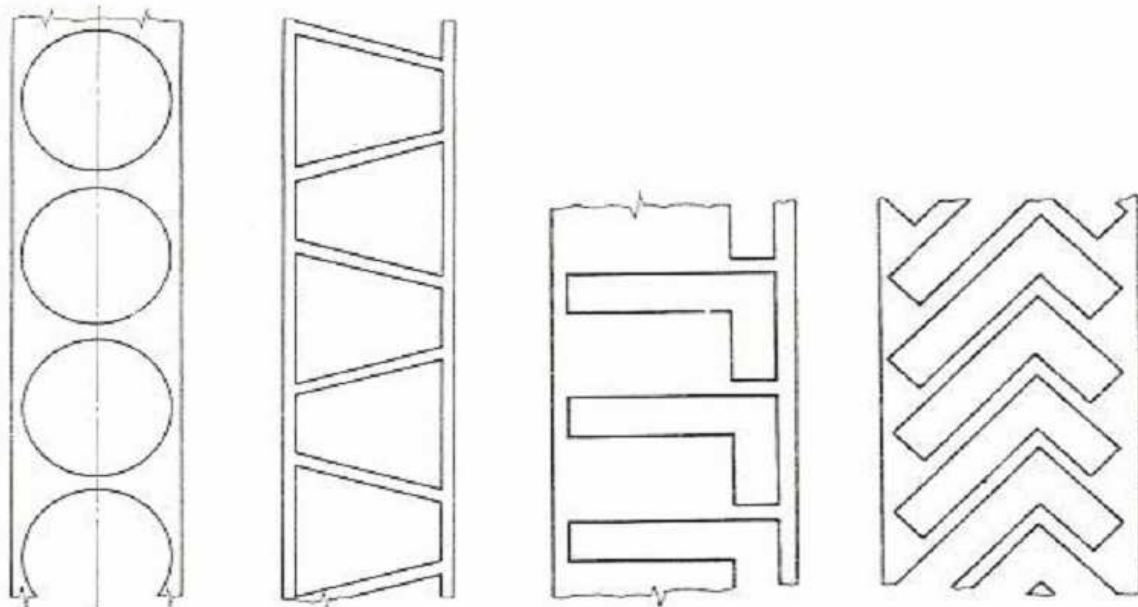
Vzduchový přídržovač

Přímochař dělicí zařízení

Dopravník

Hydraulické nebo mechanické nakládání lisu

Příklady nástřihových plánů



Tabulka stanovení šíře odpadů u výstřižku [1]

Tloušťka materiálu (mm)	Šířka/pásu (mm)												Šířka pásu (mm)												
	do 15		15 až 50		50 až 100		100 až 200		200 až 300		nad 300		do 15		15 až 50		50 až 100		100 až 200		200 až 300		nad 300		
	Rozměr a, b (mm)												Rozměr a, b (mm)												
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
0,1 až 0,2	1	1,2											1	1,2											
0,3 až 0,4	1	1,2	1,3	1,6									1	1,2	1,3	1,6									
0,4 až 0,6	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2							1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2,5						
0,7 až 0,9	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2	3					1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	3	3,2					
1	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2	3,8	2,5	5,2	3	6,6	1,3	1,6	1,6	2	2	2,5	3,5	3,7	4	4,8	4,8	6	
1,3	1,1	1,4	1,6	2	2,1	2,5	3,1	3,8	4	5,3	5	6,7	1,4	1,7	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,3	4,2	5,2	5,3	6,5	
1,5	1,2	1,5	1,7	2,2	2,2	2,7	3,2	4	4,3	5,4	5,4	6,8	1,5	1,8	2,2	2,7	2,5	3,1	3,5	4,3	4,5	5,4	5,6	6,8	
1,8	1,4	1,8	1,8	2,2	2,3	2,8	3,3	4,2	4,4	5,6	5,5	7	1,8	2,2	2,2	2,8	2,5	3,1	4	4,3	4,7	5,6	5,8	7	
2	1,5	2	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,5	4,5	5,8	5,7	7,2	2	2,5	2,5	3,1	3	3,7	4,2	5	5	6	6	7	
2,2	1,6	2	2,2	2,7	2,6	3,2	3,6	4,5	4,6	6	5,8	7,3	2,2	2,7	2,6	3,2	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,2	6,2	7,2	
2,5	1,7	2,2	2,3	2,8	2,7	3,4	3,7	4,7	4,7	6	5,8	7,4	2,5	3,1	2,8	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,3	6,3	6,3	7,2	
2,8	1,8	2,2	2,4	3	2,8	3,5	3,8	4,7	5	6,2	6	7,5	2,8	3,5	3	3,7	3,2	4	4,5	5,2	5,4	6,3	6,5	7,3	
3	2	2,5	2,5	3	3	3,7	4	5	5	6,3	6,2	7,7	3	3,7	3,2	4	3,5	4,3	5	5,5	5,5	6,5	6,6	7,5	
3,5			2,7	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,5	6,3	8				3,5	4,3	4	5	5,5	6	7	7	8,5	
4			3	3,8	3,5	4,3	4,5	5,6	5,6	6,8	6,5	8,2				3,7	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,7	8	9,3	
4,5			3,2	4	3,7	4,6	4,7	5,8	5,7	7,2	6,8	8,7				4	4,8	4,5	5,7	5,5	6,8	7	8,3	9,8	
5			3,5	4,2	4	5	5	6,2	6	7,7	7	9,2				4,5	5	5	6	6	7	7,3	8,5	8,7	10

Srovnávací tabulka jakostí ocelí [14]

Srovnávací tabulka jakostí ocelí

EN 10025-2	EN 10111	Značka jakosti dle			
		ČSN EN 10025+A1:1993	ČSN	DIN 17100:1980	DIN 1614:1986
	DD13 DD14		11 305		St 22, StW 22
	DD11		11 321		RRSt 23, RRStW 23
	DD12		11 325		St 22, StW 22
	DD11		11 331		
			11 343		
		S235JR	11 375	St 37-2, RSt 37-2	
S235JR		S235JRG2	11 375	St 37-2, RSt 37-2	
S275J0 S275J2		S235J0 S235J2G3 S235J2G4	11 378	St 37-3	
			11 425		
			11 428		
S275JR		S275JR	11 443	St 44-2	
S275J0 S275J2		S275J0 S275J2G3 S275J2G4	11 448	St 44-3	
S355JR S355J0 S355J2		S355JR S355J0 S355J2G3 S355J2G4	11 523	St 52-3	

Oceli pro tváření za studena

	EN 10111	ČSN	C	Mn	Si	P	S	Al	Použití
Oceli pro tváření za studena	DD11	11 321	max. 0.12	max. 0.60		max. 0.045	max. 0.045		Konstrukční ocel vhodná pro tváření za studena
	DD12	11 325	max. 0.10	max. 0.45		max. 0.035	max. 0.035	min. 0.025 *)	Konstrukční ocel vhodná pro tváření za studena
	DD11	11 331	max. 0.12	max. 0.60		max. 0.045	max. 0.045		Konstrukční ocel vhodná pro tváření za studena
Konstrukční oceli pro zvlášť hluboké tváření za studena	DD13	11 305	max. 0.08	max. 0.40	max. 0.030*)	max. 0.030	max. 0.030	min. 0.025 *)	Ocel vhodná k zvlášť hlubokému tažení za studena
	DD14		max. 0.08	max. 0.035		max. 0.025	max. 0.025		Ocel vhodná k zvlášť hlubokému tažení za studena

*) Údaje v uvedených sloupcích platí jen pro oceli dle ČSN 41 1325 a ČSN 41 1305.